

Montpellier 1968

APERÇU HYDROGÉOLOGIQUE
ET RESSOURCES EN EAU
DE LA VALLÉE DU SOUSS
(Sud Marocain)

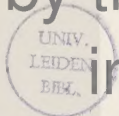
par

Robert DIJON

1968



Digitized by the Internet Archive
in 2026



https://archive.org/details/IA41555618_0007

APERÇU HYDROGÉOLOGIQUE
ET RESSOURCES EN EAU
DE LA VALLÉE DU SOUSS
(Sud Marocain)

par
Robert DIJON

APERÇU HYDROGÉOLOGIQUE ET RESSOURCES EN EAU DE LA VALLÉE DU SOUSS (Sud Marocain)⁽¹⁾

par
Robert DIJON



Introduction

De nombreux auteurs ont fait observer que le bassin du Souss est le plus fortement individualisé du Maroc. C'est ainsi que, sur la carte géologique au 1/500.000, la plaine apparaît comme une tache triangulaire de couleurs claires, représentant des terrains récents, isolée dans un amas coloré où dominent les terrains précambriens et primaires qui constituent :

- au Nord : le puissant massif du Haut-Atlas, qui culmine à 4.167 m au Jbel Toubkal, le plus haut sommet de l'Afrique du Nord ;
- au Sud : le bombement anticlinal de l'Anti-Atlas occidental, vaste plateau essentiellement constitué de calcaires dolomitiques précambriens où des pointements de roches dures peuvent atteindre des altitudes assez élevées (culminant à 2.531 m à Adrar n'Aklim) ;
- à l'Est : une zone de liaison : le Siroua, bombement cristallin abondamment faillé et recouvert de coulées éruptives.

Ce cadre montagneux dont la forme évoque un aimant ouvert sur l'Atlantique permet à la région de bénéficier d'une pluviosité exceptionnelle, eu égard à sa latitude, et qui atteint 200 mm en plaine, 300 mm sur l'Anti-Atlas et jusqu'à 600/800 mm sur le Haut-Atlas. Ainsi les ressources en eaux de surface et en eaux souterraines sont-elles relativement abondantes.

Le climat étant particulièrement doux en hiver, dans la plaine, celle-ci a toujours connu une agriculture prospère qui a fait l'émerveillement des historiens.

Entre le XII^e et le XVII^e siècle, la culture de la canne à sucre y a connu un grand développement : le sucre, extrait sur place, était exporté vers l'Europe. Plus récemment, et surtout depuis la deuxième guerre mondiale, de nouvelles cultures, agrumes, et primeurs irrigués par pompage ont fait leur apparition et ont connu un développement rapide cependant que le secteur traditionnel axé sur l'orge, l'olivier et l'élevage tendait vers une récession.

La mise en valeur rationnelle des ressources hydrauliques du Souss peut seule permettre de retenir sur place, dans des emplois agricoles, la population active qui tend à quitter le pays, car les possibilités de développement minier et industriel paraissent limitées pour le futur immédiat. C'est pourquoi l'inventaire et l'étude des ressources hydrauliques du Souss présentent un caractère prioritaire.

Historique des investigations hydrogéologiques dans le Souss.

C'est le Docteur Russo qui a conduit la première étude hydrogéologique du Souss, en 1931, dans le cadre du « Comité d'Etude des Eaux Souterraines » (C.E.E.S.). En 1933, une « mission hydrologique du Souss » était constituée au sein des Travaux Publics : la direction en était confiée à C. GRET ; cinq ans plus tard, le service des Mines et de la Géologie créait une « Mission hydrogéologique du Sud », dirigée par A. ROBAUX, et dont une brigade était affectée au Souss et au Draa. Cette brigade fut successivement conduite par G. CHOUBERT, J. ROYER et R. AMBROGGI (1942). En raison des événements de guerre, l'activité de cette mission fut mise en sommeil de 1943 à 1945 cependant que le service des Travaux Publics assurait un minimum de contrôle des nappes d'eau.

En 1946, fut créé, au sein de la Direction des Mines et de la Géologie, un service spécialisé, le Centre des Etudes hydrogéologiques. Le « C.E.H. » fonctionna jusqu'en 1960 sous la direction successive d'A. ROBAUX et de R. AMBROGGI. En 1949, un service régional du C.E.H. fut installé à Agadir ; il fut dirigé d'abord par R. BOURGIN (1949-1956), puis l'auteur (1957-1960). Après le séisme d'Agadir (29 février 1960), ce service fut transféré à Marrakech.

Au début de l'année 1961, le C.E.H. et le Service de l'Hydrologie fusionnèrent, constituant le Service des Ressources en Eau (S.R.E.), rattaché à l'Office National des Irrigations (O.N.I.) qui, en 1965, prit le nom d'Office de Mise en Valeur Agricole (O.M.V.A.). Le Centre Régional du S.R.E. pour le Souss fut installé à Taroudannt en 1961 et sa direction en fut confiée à l'auteur qui l'assuma jusqu'en septembre 1965.

*
**

(1) Cet article résume un travail de thèse de doctorat d'Etat ès Sciences Appliquées (hydrogéologie), soutenue à la Faculté des Sciences de Montpellier en 1968 et enregistrée au Centre National de la Recherche Scientifique sous le n° A.O. 2165.

Chapitre I

INTRODUCTION GEOGRAPHIQUE. COURS D'EAU ET POINTS D'EAU

1. — Généralités.

CONFIGURATION.

Le terme de « Souss » désigne, au sens large, le vaste pays du Sud-Ouest marocain où l'on parle le dialecte Tachelhait. Dans une acception plus étroite qui est suivie ici, il s'applique à la plaine intérieure drainée par l'oued Souss et ses affluents. Cette vallée, dont la superficie est de 4.400 m², occupe le quart du bassin hydrographique de l'oued Souss, entre les crêtes de l'Atlas et de l'Anti-Atlas, soit 17.500 km² : le double du Liban.

Certains auteurs, et notamment les géographes, subdivisent la vallée en trois secteurs :

- « amont », entre Aoulouz, où l'oued débouche dans la plaine par des gorges qui terminent son cours montagneux, et Taroudannt ; cette partie forme sensiblement un rectangle de 60 × 20 km ;
- « moyenne », de Taroudannt au confluent de l'oued Issen sur environ 40 km ; au droit de Taroudannt, la vallée s'élargit brusquement sur 40 km ; c'est la plaine des Haouara (1.500 km²) ;

— « aval », jusqu'à l'embouchure ; à partir du confluent de l'oued Issen, la plaine s'élargit encore, la bordure de l'Anti-Atlas se dirigeant droit au Sud (1.700 km²).

L'ensemble du bassin qui s'ouvre ainsi largement sur l'Atlantique, se trouve compris entre le 30 et le 31° parallèles Nord, et le 4° degré de longitude Ouest de Greenwich (fig. 1).

LA VALLÉE. HYSOMÉTRIE.

La vallée présente l'aspect d'une plaine d'épandage nivelée ; elle dessine une sorte de gouttière à très faible courbure, redressée près des piémonts montagneux et dans l'axe de laquelle l'oued Souss a tracé son lit, ramifié et large dans la partie amont, faiblement encaissé dans la partie aval (fig. 2).

D'Ouest en Est, la pente, de 3 ‰ dans la partie aval, atteint 5 ‰ près de Taroudannt, et 10 ‰ vers Aoulouz. De l'océan à Aoulouz, la dénivellation est ainsi de 700 m sur 150 km.

Vers le piémont de l'Anti-Atlas, les pentes en direction du Souss sont, d'Ouest en Est, de 4 ou 6 ‰ à 10-12 ‰. Vers le Haut-Atlas, elles sont plus fortes : près de 10 ‰ à l'Ouest, 12 à 15 ‰ vers l'Est.

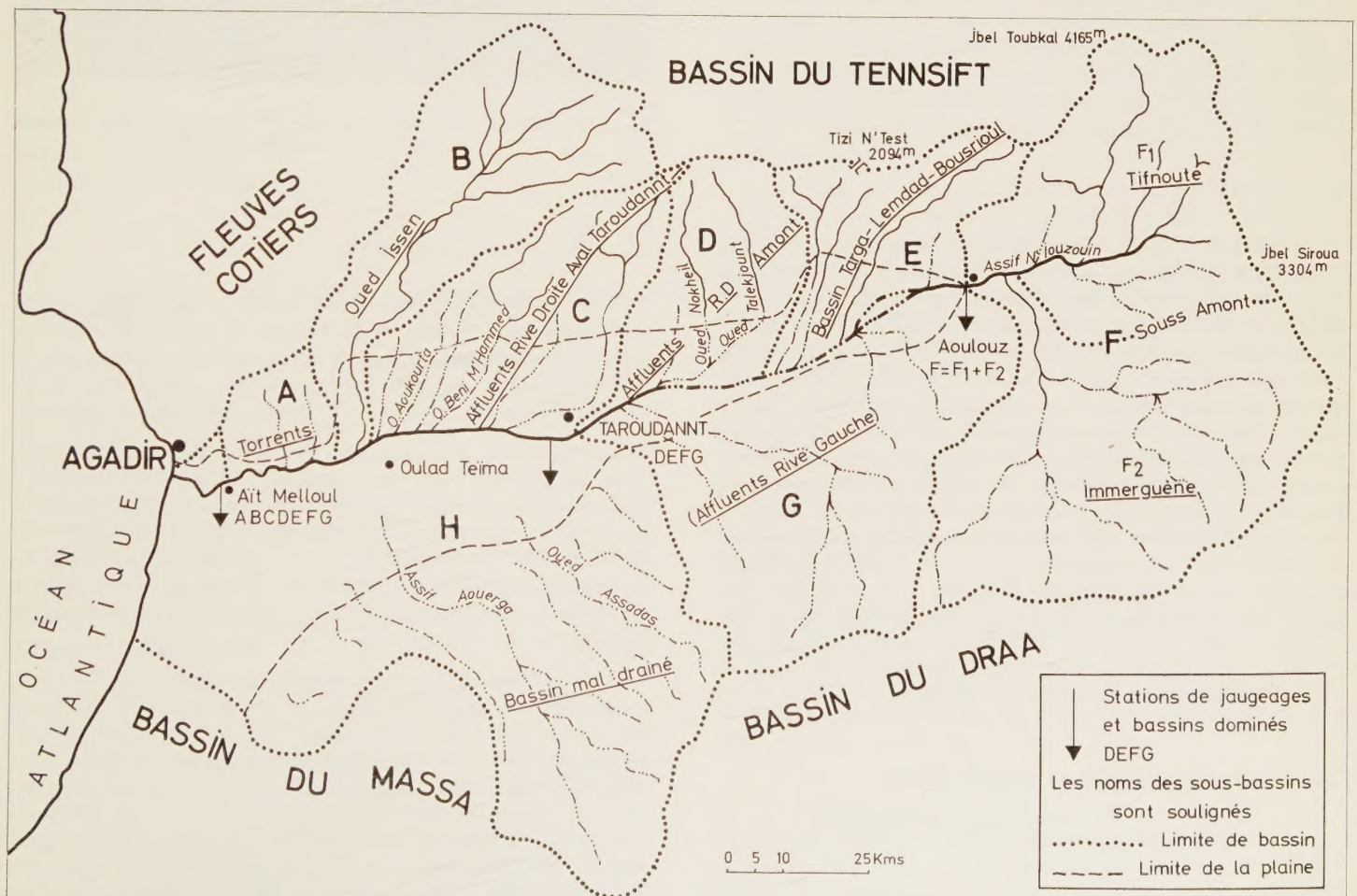


FIG. 1. — Le bassin du Souss. Réseau hydrographique



FIG. 2. — « La vallée du Souss vue du Haut Atlas (au premier plan) » ; remarquer dans le lointain la structure tabulaire du plateau calcarodolomitique de l'Anti-Atlas d'où émergent quelques reliefs de roches plus dures (rhyolites, quartzites, etc...)

La plaine ne comporte pas de reliefs notables, à l'exception de quelques buttes et collines, éléments visibles d'une cuesta crétacée presque entièrement ensevelie dans les formations de remplissage plio-quaternaires de la plaine. Ce sont, d'Ouest en Est, sensiblement dans l'axe de la vallée :

- les cinq buttes des Haffaia, culminant à 205 m ;
- les collines d'Oulad Bou Rbiaa (302 m), El Aaricha (227 m) et El Bouda (248 m) ;
- à l'Est de Taroudannt, les collines et buttes de Sidi Bou Rja (387 m), Freija, Mrigbet, Tagma, Tagtrannt (405 m) ;
- dans la haute vallée, les collines basses formant le « pli d'Igoudar » (540 m).

Sur les piémonts, la vallée se raccorde aux massifs montagneux par des cônes de déjections jointifs et interférents, souvent aplatis vers l'Anti-Atlas, mieux marqués près du Haut-Atlas.



FIG. 3. — Ruines d'un aqueduc près de Taroudant (xvi^e siècle ?) — au loin, le Haut Atlas enneigé

MODELÉ.

Le modelé actuel est le résultat d'un nivellement opéré par érosion sur divers matériels d'épandage qui sont dans l'ensemble de plus en plus récents d'aval en amont. C'est ainsi que les formations marnocalcaires du Quaternaire ancien affleurent à Aït Melloul ; la dalle calcaire qui les surmonte est apparente à Oulad Teima ; le Quaternaire moyen à récent s'étend largement dans la région de Taroudannt. Enfin, la partie amont de la vallée est occupée en grande partie par les alluvions subactuelles et actuelles.

Cependant, la majorité de la vallée est recouverte de limons rougeâtres d'âge Grimaldien avec, dans la partie Sud, des formations sableuses prenant localement l'aspect de dunes basses. Les régions côtières au Sud d'Agadir sont occupées par des formations dunaires très étendues. Une haute dune ancienne se développe parallèlement au rivage, atteignant une attitude de 100 m. Les sables côtiers sont entraînés par les vents en direction du Sud et de l'Est. Ils sont abondants aux environs de Biougra.

2. — Hydrographie et points d'eau.

Le présent tracé des oueds dans la vallée résulte de nombreux facteurs, parmi lesquels le débit et la violence des crues d'une part, l'abondance et la nature de l'alluvionnement d'autre part, occupent une place prépondérante.

LE SOUSS ET SES AFFLUENTS.

Tous les affluents rive droite dévalent en général Nord-Sud, puis leurs cours s'infléchissent vers l'Ouest pour se raccorder tangentiellement à celui du Souss. Ces oueds ont en général un cours peu marqué ; au sortir de la montagne, ils oscillent sur de larges zones alluvionnaires.

La tendance à l'épandage est encore mieux marquée chez les pourvoyeurs rive gauche. L'oued Arrhène est le seul qui atteigne l'oued Souss d'une manière bien marquée et perpendiculairement, au pied de son cône de déjection. A l'Ouest de Tazemmourt, la diffusion et l'effacement du réseau hydrographique dans la plaine sont la règle, si bien qu'entre Tazemmourt et l'océan, le Souss ne reçoit aucun affluent sur sa rive gauche.

A sa sortie des gorges d'Aoulouz, l'oued Souss étale largement son lit qui se divise en plusieurs bras, enserrant des sortes d'îles. Le cours s'infléchit ensuite vers le Sud-Ouest, contournant les puissants cônes de déjection des affluents rive droite : Lemdad, Targa, Boursriouil. Plus en aval, le cours est rectiligne vers l'Ouest, car les affluents rive droite, Talekjount et Nokheil, épandent dans la vallée des alluvions sableuses. A l'Est et au Sud de Taroudannt, le lit du Souss s'appuie au Sud sur les collines crétacées de Tagtrannt et SidiBou Rja. Il s'insinue ensuite entre les collines d'Oulad Bou Rbiaa et El Aaricha. A partir de ce

seuil, il s'encaisse de 10 à 12 m et se dirige plein Ouest sur une quinzaine de kilomètres. Il se trouve ensuite rejeté vers le Sud au confluent de l'oued Issen dont les apports sont considérables ; son cours, dont la largeur moyenne était de l'ordre du kilomètre, s'ouvre enfin largement au voisinage de l'océan.

L'encaissement du Souss dans sa partie aval est récent et n'excède pas une quinzaine de mètres. L'imbrication des terrasses actuelles et subactuelles présente un caractère complexe, surtout au voisinage de Taroudannt.

L'observation du profil en long du lit du Souss et ses affluents dans la vallée permet de faire les constatations suivantes :

- la pente va croissant de l'aval (1 à 2 ‰ confluent de l'Issen) à l'amont (4 ‰ à Taroudannt, 6 ‰ à Igli, 10 ‰ vers Aoulouz) ;
- les émergences d'eaux souterraines qui se manifestent dans le lit du Souss s'effectuent à l'aval des pourvoyeurs principaux d'eaux de crues ;
- certaines dénivellations brusques dans le profil semblent liées à la présence de failles du substratum de la vallée.

SOURCES ET COURS D'EAUX PÉRENNES.

La plupart des eaux pérennes de la vallée se rencontrent au voisinage des piémonts, sous forme de sources et d'écoulements — faibles en été — dans le lit des affluents et aussi dans l'axe de la vallée, sous forme d'émergences dans le lit de l'oued Souss lui-même.

En bordure de l'Anti-Atlas, on trouve, d'Ouest en Est, les groupes de sources suivants (inventaire étiage 1964) :

Tidsi-Oumsdikht	5 sources	18 l/s
Amagour Tinouainane	4 »	32,2 l/s
Tazemmourt	4 »	67,4 l/s
Tiout	1 »	58,8 l/s
Vallée de l'oued Arrhène ..	8 »	180 l/s
Vallée de l'oued Tangarfa ..	6 »	3,5 l/s
Total	28 sources	350 l/s

En bordure du Haut-Atlas, les sources sont beaucoup plus nombreuses :

Groupe Tildi	3 sources	5 l/s
Groupe Tamait	5 »	23 l/s
Groupe Talaint Tinfoul ...	3 »	22,5 l/s
Groupe Gounna	7 »	78 l/s
Groupe Ameskhoud Ida ou Gailal	20 »	130 l/s
Groupe Assif N'Ait El Hadj	2 »	86 l/s
Groupe Talekjount	16 »	115 l/s
Groupe Ifouzarène	5 »	40 l/s
Groupe Tatingoult Ouest ..	4 »	16 l/s
Groupe Tatingoult Est	9 »	68 l/s
Total	74 sources	580 l/s

Les oueds pérennes issus du Haut-Atlas ont également été jaugés à leur arrivée dans la vallée (en octobre 1964) :

Oued Souss (Aoulouz)	270 l/s
Lemdad	340 l/s
Bousriouil	60 l/s
Targa	50 l/s
Talekjount	70 l/s

Nokheil	40 l/s
Ouaar	120 l/s
N'Irguiten	21 l/s
Beni M'Hammed	10 l/s
Aoukourta	4 l/s
Issen	80 l/s

Total : environ 1 m³/seconde.

Les émergences dans le lit du Souss, captées par des canaux en terre ou « seguias » ont des débits importants : elles constituent un exutoire naturel pour des nappes alluvionnaires et parfois débitent des eaux d'une origine plus profonde. En général, le débit est fonction des pluies survenues dans les années antérieures. Certaines années, ces émergences peuvent tarir.

Au total, les eaux courantes de la vallée du Souss et ses bordures représentent, en période d'étiage moyen, un peu plus de 7 m³/seconde.

POINTS D'EAU (PRISES D'EAU SOUTERRAINE).

Il existe de nombreux points d'eau dans le Souss : drains et puits de construction traditionnelle ou moderne.

Les drains modernes sont au nombre de deux : le « drain des dunes », ouvrage de dimensions modestes qui alimente Agadir en eau potable avec un débit de 50 l/s, et le drain de Freija, disposé dans les alluvions du Souss à l'amont de Taroudannt dont il irrigue les oliviers avec un débit variant de 500 à 1.200 l/s selon les années. La longueur de cet ouvrage exceptionnel dépasse 4 km. La construction d'autres drains à Aoulouz et Oulad Bou Rbiaa a été étudiée mais n'a pas été exécutée.

Les drains traditionnels ou « rhattara » en activité dans le Souss sont au nombre d'une quarantaine. Certains ouvrages, effondrés, sont en voie de tarissement. Pour la plupart, les rhattara sont groupées dans les régions d'Oulad Barrehil au Nord et au Sud du pli d'Igoudar. On en trouve quelques autres à Aoulouz, Oulad Aïssa, Oulad Bou Ries, Oulad Teima. Elles débitent au total 400 l/s en bonne année moyenne.

Les puits seraient au nombre de 5.000 environ. Les puits traditionnels sont en général des puits d'irrigation ; nombreux et denses dans les régions où la nappe d'eau est peu profonde, ils se raréfient dans la forêt d'arganiers et sur les sols durs recouverts de dalles et croûtes calcaires, ainsi que dans les régions où la nappe est profonde, notamment les piémonts, et aussi dans l'axe de la vallée où les eaux superficielles abondent.

L'eau, autrefois exhaurée par traction animale (dispositif de la « naora »), est actuellement prélevée par plus de 3.000 petits groupes motopompes et 200 groupes de pompage puissants, pouvant débiter unitairement jusqu'à 60 l/s. Ces stations irriguent les cinq secteurs d'agriculture moderne : Aït Melloul, Oulad Teima, Km 65, Taroudannt, Oulad Barrehil.

Quelques rares forages artésiens (El Klea, Gounna, Oulad Teima) donnent de faibles débits (un à quelques litres/seconde).

Le prélèvement total effectué dans la nappe par drains et puits est de l'ordre de 10 m³/s (300 millions de m³ par an).

3. — Géographie humaine.

GÉNÉRALITÉS.

La situation « insulaire » du Souss a conditionné l'histoire de ce pays et a marqué profondément ses habitants.

Le fond de la population est d'origine berbère et parle le dialecte Chleuh. Dans le nord-est, des tribus arabes « guich » se sont installées dans la vallée et s'y sont fixées. Toutes ces populations ont été brassées intensément au cours des siècles, dans les remous d'une histoire turbulente, pour aboutir à l'homogénéité, type et mœurs que l'on observe aujourd'hui, et au bilinguisme : arabe-berbère.

Le sentiment de la « petite patrie », la volonté de maintenir et même d'exalter les traits par lesquels s'exprime le particularisme local sont ici plus poussés qu'en toute autre province du Maroc. Cependant, le Soussi émigre volontiers, pour un temps, soit dans les villes modernes du Maroc, soit à l'étranger. Son but est de se constituer un petit capital pour acquérir un patrimoine dans le canton dont il est issu.

LIEUX HABITÉS.

Dans la vallée du Souss, les « douars » s'égrènent sur les deux rives de l'oued auprès de terrasses irriguées. Dans la plaine, la dimension des villages est fonction de la profondeur de la nappe phréatique et de la facilité du creusement des puits. En toutes régions, les hameaux de dix à vingt feux, parfois groupés en gros villages, constituent la base du peuplement. Il y a, au total, 350.000 habitants dans la plaine et sur les piémonts.

Sur le littoral, la ville d'Agadir compte 30.000 habitants, non compris les agglomérations satellites d'Inezgane (8.000), Ben Sergao-Dcheira (5.000), Aït Melloul (2.000). Agadir est la capitale administrative et économique — et le troisième port du Maroc. Au centre de la vallée, Taroudannt (15.000 h.) est la capitale historique, religieuse et culturelle.

Les marchés hebdomadaires (« souk »), prenant parfois le caractère de centres ruraux, sont situés en plaine à

proximité des routes asphaltées et sont très animés. Avec Agadir, ils tendent à accaparer la majeure partie des échanges au détriment des petits souks ruraux en constant déclin.

POPULATION ACTIVE. EMPLOIS. REVENU MOYEN.

La moitié des Soussis ayant moins de 20 ans, la population masculine active valide, d'un âge compris entre 20 et 45 ans, représente 20 % du total ; il s'agit en grande majorité d'agriculteurs. Les commerçants et artisans sont nombreux dans les villes.

Le conditionnement des légumes et primeurs dans les « stations d'emballage » du Souss occupe saisonnièrement une abondante main-d'œuvre rurale, en grande partie féminine.

La population ouvrière est localisée à Agadir et ses banlieues. Près de 3.000 salariés, dont les deux tiers de femmes, travaillent dans les conserveries de poissons. Un millier d'autres sont employés dans des industries et entreprises diverses (minoteries, cimenteries, ateliers de mécanique, etc...). Les marins-pêcheurs sont au nombre de quelques centaines. Le revenu moyen varie considérablement selon les secteurs de l'économie. Le salaire d'un ouvrier agricole employé sur une exploitation moderne ou une station d'emballage est de 5 à 6 dh (1) ; il atteint 10 dh pour un spécialiste (mécanicien) ou un ramasseur d'olives en période de pénurie de main-d'œuvre. Les petits exploitants agricoles traditionnels ont des revenus nettement moins élevés. Dans le Souss, le revenu moyen annuel par famille d'agriculteur est de 1.000 à 1.400 dirhams, dans les secteurs disposant d'eaux permanentes ; il faut compter la moitié de ce revenu pour les régions où seules des eaux de crues sont disponibles : soit environ deux dirhams par famille et par jour.

*
**

Chapitre II

CLIMATOLOGIE. HYDROLOGIE

1. — Climatologie.

Le climat du Souss est complexe car il résulte de l'interférence de trois facteurs très différents : un cadre montagneux élevé et fermé, sauf à l'Ouest ; la proximité de l'océan sur lequel la vallée s'ouvre largement ; une latitude « saharienne ».

GÉNÉRALITÉS, VENTS, TEMPÉRATURES.

Le Haut-Atlas forme barrière pour les fronts froids qui se développent sur le Maroc atlantique, au Nord. De l'Ouest, une brise de mer souffle vers la vallée ; son influence est surtout ressentie dans la zone côtière qui jouit ainsi d'un climat relativement doux et régulier. Sur une profondeur de 20 à 30 km, à l'intérieur des terres, les gelées sont inconnues, ce qui permet la culture des primeurs en hiver.

L'influence saharienne se manifeste dans la vallée surtout vers le Sud et l'Est, et remonte dans les vallées montagneuses affluentes qui sont parfois plus arides que la vallée du Souss elle-même. De la fin du printemps au milieu de l'automne — et parfois en hiver — un régime de vents chauds : « chergui », peut s'instaurer pour des périodes variant de quelques jours à plusieurs semaines, lorsqu'une dépression cyclonique se trouve centrée au Nord de l'Atlas. Les vents sont de direction Est ou Sud-Sud-Est.

Le climat de la vallée est, dans l'ensemble, du type aride, avec des atténuations dues à l'influence océanique. Les meilleures et les plus complètes observations dont on dispose concernent Taroudannt. Elles donnent une image moyenne du climat dans la vallée, qui est plus rigoureux et contrasté à l'Est, plus doux à l'Ouest.

Les amplitudes diurnes de température sont de l'ordre de 17° en hiver et 20° en été : 33° et 43° pour les températures extrêmes ; des gelées hivernales peuvent se manifester une année sur trois ou cinq.

(1) 1dh (Dirham) = 1 franc.

Dans l'ensemble, on peut dire qu'il y a à Taroudannt :

- 4 mois très chauds : mi-juin à mi-octobre, avec une température moyenne supérieure à 30°, pour le maximum ;
- 4 mois chauds : mi-octobre à fin novembre, début avril à mi-juin, 25° à 30° ;
- 4 mois doux : début décembre à fin mars, moins de 25°.

A Agadir, les amplitudes diurnes sont de 13°, en moyenne, en hiver, 8-10° au fort de l'été, 32 et 40° pour les extrêmes.

Les statistiques relatives aux postes d'Irherm (Anti-Atlas) et Tizi N'Test (Haut-Atlas) montrent que les écarts saisonniers sont plus élevés dans l'Anti-Atlas (14° contre 9°), alors que les moyennes annuelles sont les mêmes. Pendant quatre mois de l'année, la température descend en dessous de 0° à partir de 1.800 m, en montagne.

Les écarts entre les températures de Taroudannt et celles en montagne sont beaucoup plus importants en ce qui concerne les maximums que les minimums (rapport de 3 à 1). D'une manière générale, les écarts de température diminuent au voisinage de l'océan et en altitude, ceci étant plus marqué vers le Haut-Atlas ; les écarts croissent vers le Sud (Anti-Atlas).

PRÉCIPITATIONS.

L'importance de précipitations est extrêmement variable dans l'espace (d'une région à l'autre) et dans le temps (violence des pluies, variations saisonnières et interannuelles). Pour la vallée, on enregistre les moyennes suivantes :

	Altitude m	Moyenne annuelle mm	Max. en- registré	Minim. enre- gistré	Rap- port	Nbre jours pluie	Nbre max.	Nbre min.	Rap- port
Agadir	20	226	430	84	5,1	24	47	15	3,1
Taroudannt	255	210	670	60	11,2	22	41	10	4,1
Aïn Chaïb	80	248	552	148	3,7	28	40	18	2,2
Aoulouz	700	343	518	175	3,5	32	51	15	3,4

Il semble que, dans l'axe de la vallée, il existe, notamment dans les régions dépourvues de végétation, des « taches » où la pluviométrie moyenne est inférieure à 200 mm.

La saison des pluies s'étend d'octobre à avril, avec un maximum qui se situe de novembre à mars. Il y a, en montagne, quelques chutes de pluie notables, en mai et septembre ; juin, juillet et août constituent la saison sèche pendant laquelle il n'y a pratiquement pas de précipitations. Le nombre des jours de pluie est maximum en deux périodes : novembre-décembre, février-mars. Il semble que la période intermédiaire décembre-janvier n'existe pas à Agadir où la répartition mensuelle des journées pluvieuses est encore appréciable en avril et octobre.

La violence des pluies s'exprime par :

- le maximum de pluies recueillies en un jour ; il représente, à Agadir et Taroudannt, environ le cinquième de la pluviométrie annuelle ;
- le nombre de jours annuel, où la hauteur de pluies est supérieure à 1 cm : sept à huit jours à Agadir et Taroudannt, du même ordre à Argana, Taliouine et Irherm.

La répartition annuelle des pluies dans la saison pluvieuse (octobre-avril) varie considérablement d'une année à l'autre.

Dans un espace de six à huit ans, il y a en général une « bonne » année, une à deux années « moyennes », deux à trois années « médiocres » et environ deux années très « sèches ».

La composition chimique des eaux de pluie est caractérisée par une faible teneur en sels, au voisinage de la côte, qui décroît rapidement vers l'intérieur.

La neige recouvre le versant Sud du Haut-Atlas, au-dessus de 1.800 mètres, mais elle est moins abondante que sur le versant Nord. Elle se maintient, en hiver, quelques semaines ou même quelques mois sur les hauts sommets. Certains hauts sommets de l'Anti-Atlas connaissent également les chutes de neige, mais plus rarement et d'une manière éphémère.

Sur la côte, les brouillards constituent des « précipitations invisibles » qui favorisent la vie végétale. Ils sont abondants lorsque le « chergui » souffle dans l'intérieur du pays.

EVAPORATION. ARIDITÉ.

Le degré hygrométrique est en moyenne le suivant :

	à 7 heures	à 12 heures	à 18 heures	en période de « chergui »
Agadir	87	66	72	
Taroudannt	76		53	25

L'évaporation directe, mesurée à l'évaporomètre Piche, est la suivante :

	Total annuel	Moyenne jour min.	Moyenne jour max.
Agadir	1.500	4,9	23,4
Taroudannt	1.700	4,7	35,2

L'évaporation atteint son maximum de mai à septembre, c'est-à-dire dans la saison sèche. Caractéristiquement, juin est plus clément que mai qui connaît en général au moins dix jours de « chergui » ; juillet est le mois le plus desséchant.

Le calcul des indices d'aridité donne les résultats suivants :

- Indice « de Martonne » : $I = 6,8$ pour Taroudannt (climat aride, tendance à l'hyperaridité).
- Indice « xéothermique de Gaussen ». Il y a, à Taroudannt, neuf mois « secs », c'est-à-dire pour lesquels les précipitations (en mm) ont un total inférieur au double de la température mensuelle (en °C) ; seuls, novembre, décembre et janvier sont faiblement « humides ». Il y a, à Agadir, huit mois « secs » de mars à octobre inclus.
- Indice « de Thornthwaite » : — 44,7 pour Agadir, — 46,9 pour Taroudannt. Ces stations sont du type hygrométrique « aride », « mésothermique » avec une influence océanique notable, modérant l'amplitude thermique. L'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne est de l'ordre de 0,85 à 0,95 m.

ETAGES BIOCLIMATIQUES. FORMATIONS VÉGÉTALES.

La proximité de domaines géographiques et climatiques très différents : Atlantique, Méditerranée, Haute-Montagne, Sahara, s'exprime dans la flore du Souss, pays où les

espèces originaires de ces divers milieux côtoient des espèces endémiques en nombre notable.

L'arganeraie couvre un million d'hectares, sur les versants montagneux proches de l'océan ou exposés à son influence, jusqu'à une altitude atteignant 1.500 à 2.000 m, et aussi dans la plaine du Souss, surtout dans la partie aval. Certains peuplements d'arganiers d'un seul tenant, tels la forêt d'Ademine, couvrent une large superficie, sur croûte calcaire. Cet arbre qualifié de « fossile vivant » a une croissance très lente ; l'âge moyen des individus est de 250 ans. Il fournit en été un pâturage « aérien » à la chèvre et au chameau. L'amande de son fruit fournit une huile appréciée dont l'extraction est difficile et coûteuse.

L'étude des origines de la flore montre que les espèces méditerranéennes entrent pour près de moitié dans le total ; viennent ensuite les sahariennes et les soudano-sénégalaises. Les endémiques, telles l'arganier, sont relativement nombreuses.

En ce qui concerne la végétation, le Souss forme donc une sorte d'île à caractère tropical, désertique et océanique. Les mêmes caractères se retrouvent, accentués, dans la composition de la faune ; aux confins méridionaux du Souss, les influences méditerranéennes et tropicales sont en interférence.

2. — Hydrologie superficielle.

Les observations hydrologiques dans le Souss couvrent une période de vingt années environ (depuis 1947) ; elles intéressent principalement les débits de crue de l'oued Souss et de l'oued Issen ; en effet, ce sont les crues consécutives aux fortes pluies d'automne et d'hiver qui représentent les principaux écoulements d'eaux superficielles dans la vallée. Ces crues sont irrégulières, violentes et, souvent de courte durée. L'oued Souss ne coule véritablement que quelques jours ou quelques semaines par an, sur l'ensemble de son cours en plaine, roulant des eaux tumultueuses et rougeâtres.

Les débits sont mesurés sur quatre stations : à Aoulouz, où l'oued Souss termine son cours montagneux ; au pont de Taroudannt, sous lequel une fraction seulement du débit total circule (en période de fortes crues, la majorité des eaux passe sur le radier submersible situé légèrement au

Nord) ; au pont d'Aït Melloul, également contourné pour une fraction notable de débit en année de forte hydraulité ; enfin, au petit barrage de l'oued Issen.

DÉBITS DE CRUE DU SOUSS.

Aoulouz.

Pour l'ensemble des seize années de mesures sur cette station, la valeur moyenne de l'écoulement annuel est de l'ordre de 8 m³/s, soit 250 hm³.

On remarquera que l'année 1955-56, où se sont manifestées des crues peut-être cinquantennales, est de quatre fois supérieure à cette moyenne. En revanche, sept années sur seize ont connu des crues de l'ordre de 4 m³/s ou moins encore, et sept années de 5 à 10 m³/s. L'année 1962-63 a dépassé le double de la moyenne. En faisant abstraction des deux années les plus fortes, on obtient une moyenne de 5,5 m³/s. L'ordre de grandeur admissible de l'écoulement moyen annuel est donc 6 à 7 m³/s, soit 200 à 220 hm³, atteints une année sur deux.

Pont de Taroudannt.

Les chiffres sont ici nettement plus bas : 2 m³/s et 65 hm³, mais ils ne rendent pas compte des forts débits contournant le pont par le Nord. On peut donc admettre 3 m³/s et 100 hm³. Cependant, sur dix-huit années d'observation (dont beaucoup ont fourni des données contestables), on a eu : dix années avec moins de 1 m³/s, cinq de 1 à 3 m³/s. Deux années sur trois, l'écoulement est donc inférieur à 50 hm³.

Les années les plus fortes sont :

1962-63 (quatre fois la moyenne),
1955-56 (deux fois et demie),
1954-55 (une fois et demie).

Pont d'Aït Melloul-Oued Issen.

En tenant compte de l'année exceptionnelle 1955-56, l'écoulement moyen à Aït Melloul est de l'ordre de 4 m³/s, soit 125 hm³.

Sur quatorze années d'observation, on compte : cinq années avec 1 m³/s ; cinq de 2 à 4 ; trois de 7 à 10 (deux fois la normale) ; une (1962-63) huit fois la normale.

TAB. I.
Débits
de l'Oued Souss

Années	Aoulouz			Taroudannt			Aït Melloul		
	an: hm ³	an: m ³ /s	débit max m ³ /s	an: hm ³	an: m ³ /s	débit max m ³ /s	an: hm ³	an: m ³ /s	débit max m ³ /s
1941-42	99	3,14	113	4	0,12	119	228	7,24	250
1942-43				4	0,12	119	228	7,24	250
1949-50	138	4,38	1.000				310	9,81	310
1950-51	222	7,05	400	2	—	25	62	1,98	180
1951-52	121	3,84	300	65	2,05	630	85	2,70	540
1952-53	326	10,33	620	43	1,37	150	39	1,25	210
1953-54	213	6,76	—						
1954-55	290	(9,20)	210	121	3,84	295			
1955-56	1.065	33,08	1.022	190	(6,2)	1115			
1956-57	143	4,54	313	3	—	113	56	(1,77)	30
1957-58	167	5,28	262	45	(1,43)	519	25	(0,8)	460
1958-59	58	1,83	70	3	0,10	24	28	(0,9)	9
1959-60	85	2,68	222	3					
1960-61	1	0,03	17	25	0,08	252			
1961-62	254	8,05	437	54	1,78	240			
1962-63	570	18,02	720	355	11,23	570	1.100	(35)	1.200
1963-64	297	9,37	415	32	1,01	215	213	6,75	405
Moyenne		8,21			1,93			3,5	

Le débit d'étiage de l'oued Souss, au pont d'Aït Melloul, est inférieur à 100 l/s, en général.

Les observations relatives à cette station sont très contestables en raison des modifications brusques et fréquentes du profil du lit de l'oued au cours des crues et du régime d'écoulement — turbulent — au voisinage du pont.

Les chiffres dont on peut faire état pour l'oued Issen couvrent peu d'années. L'écoulement annuel a été estimé à 70 hm³, soit 2,5 m³/s.

Conclusion

Au pont de Taroudannt, les écoulements sont nettement moins abondants qu'à Aoulouz, alors que le Souss est alimenté par des affluents importants, entre les deux stations. Il faut donc bien admettre qu'une quantité d'eau supérieure à la différence des écoulements annuels moyens s'évapore et s'infiltre, entre Aoulouz et Taroudannt, sur un développement de quelque 70 km, soit :

3 à 4 m³/s (100 à 120 hm³) en années sèches,

5 à 6 m³/s (150 à 200 hm³) pour les bonnes années.

L'eau qui se perd à l'océan à l'aval d'Aït Melloul représente 3 m³/s environ, soit les apports de l'oued Issen.

Il s'ensuit que la réalisation d'un barrage en amont d'Aoulouz n'aurait pas pour effet de récupérer chaque année des eaux perdues à l'océan ; au contraire, elle soustrairait à la nappe des alluvions du Souss des eaux d'infiltration qui la rechargent annuellement pour un total dépassant très probablement 50 hm³.

RÉGIME ANNUEL ET INTERANNUEL DES CRUES.

Il y a en général deux saisons de hautes eaux correspondant aux deux époques pluvieuses de l'année : novembre-décembre et janvier-février. Cette répartition « moyenne » est susceptible de grandes variations d'une année à l'autre.

Régime moyen annuel.

A Aoulouz, les écoulements les plus importants se manifestent de décembre à mars et constituent 60 % du total annuel, le maximum se situant en janvier. Les mois de juillet et août sont les plus secs. Les débits moyens sont les suivants (fig. 4) :

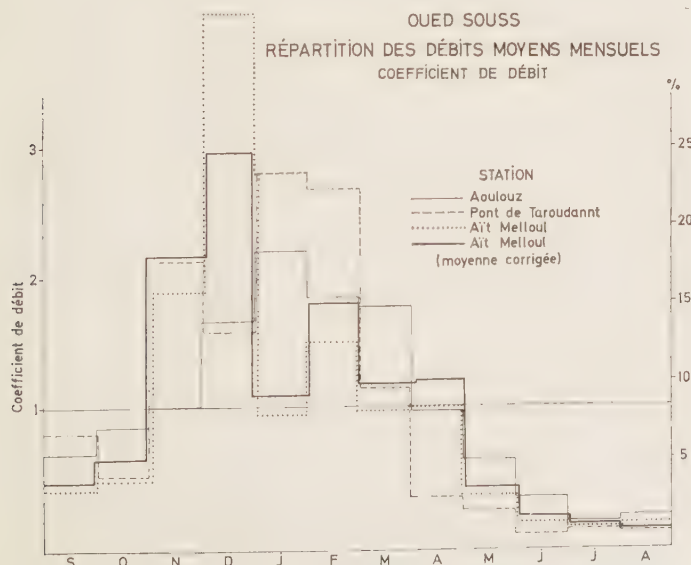


FIG. 4

Hiver (décembre-mars) : 15 m³/s ; avril-mai, moins de 6 m³/s ; étiage d'été (juin-août), 1,5 m³/s.

Automne (septembre-novembre) : 7 m³/s.

Les pointes de crues les plus fortes atteignent 1.000 m³/s en décembre, janvier et février.

Au pont de Taroudannt, le régime est très différent. Janvier et février totalisent 45 % ; novembre près de 18 % ; décembre 13 % ; avril à octobre 15 % ; juin, juillet et août étant pratiquement secs.

Enfin, à Aït Melloul (fig. 5), il semble qu'il y ait un maximum en décembre ; la répartition en % est la suivante :

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1,5	5	18	25,5	9	15	9,5	10	3	1,2	0,7	0,6

Les mois à écoulement maximum sont les mêmes pour Aoulouz et Taroudannt. Cette simultanéité s'étend à Aït Melloul, pour les années très pluvieuses.

Régime interannuel - Fréquence des débits - Classement des crues.

Le régime interannuel se caractérise par une grande irrégularité exprimée par le rapport des valeurs extrêmes des écoulements annuels qui est : 18 à Aoulouz, 1.000 à Taroudannt, 45 à Aït Melloul. On ne peut donc faire état de cycles interannuels. Tous les six à huit ans, on observe une année très humide (1942-43, 1949-50, 1955-56, 1962-63). Les écarts positifs par rapport à la moyenne sont moins nombreux et beaucoup plus accusés que les écarts négatifs.

En ce qui concerne les débits journaliers moyens, les fréquences moyennes sont les suivantes :

≥ 10 m³/s : 12 % à Aoulouz, 4 % à Taroudannt, 12 à 15 % à Aït Melloul.

100 m³/s : (environ 1 %).



FIG. 5. — Une crue de l'Oued Souss au Pont d'Aït Melloul (hiver 1962-63, débit approximatif : 1.000 m³/seconde)

tition moyenne annuelle des tranches écoulées (hm³)

	1	3	6	11
Aoulouz	7	12	26	65
Taroudannt	7	12	26	65
Aït Melloul (estimation)	50	25	50	125

A Aït Melloul, une faible partie de l'écoulement annuel correspond à des débits journaliers d'importance moyenne.

RELATIONS ENTRE PRÉCIPITATIONS ET ÉCOULEMENTS.

Indice pluviométrique.

(quotient exprimé en mm de la quantité d'eau tombée par la superficie du bassin).

Les indices pluviométriques correspondant aux bassins dominant les diverses stations hydrologiques sont les suivants :

Surface (km ²)	Maximum	Minimum	Quotient	Moyenne
4490 Aoulouz	445	89	5	257
9428 Taroudannt	501	111	4,5	266
16152 Aït Melloul	500	132	3,8	285

donc assez semblables pour les trois stations.

Écoulement et coefficient d'écoulement.

La tranche écoulée exprimée en mm est égale au quotient de la quantité d'eau passant, en un an, à la station, par la superficie du bassin qui domine celle-ci.

Le coefficient d'écoulement est égal au rapport de la tranche écoulée à l'indice pluviométrique. Il a les valeurs suivantes (%) :

	Maximum	Minimum	Valeur moyenne
Aoulouz	28	0,2	16
Taroudannt	7,4	0,15	2
Aït Melloul	13,8	0,4	3,55

Ce coefficient est éminemment variable d'une année à l'autre. A Aoulouz, il a été voisin de zéro en 1960-61, pour dépasser 30 % certaines années. Il est fonction plus étroitement de la violence des pluies que de leur importance annuelle. A Taroudannt, où l'aire réceptrice est vaste et basse en altitude, donc favorable à l'évaporation et à l'infiltration, le coefficient est souvent inférieur à 1. A Aït Melloul, il est plus élevé, par suite des apports de l'oued Issen (3 à 3,5 %).

S'agissant de la zone aride, il n'est pas étonnant de constater qu'il n'existe pas de relation bien définie entre la hauteur de pluie et l'écoulement. Ceci tient surtout à ce que l'évaporation joue un rôle déterminant dans les bilans hydrauliques ; l'écoulement ne représente qu'un faible pourcentage des chutes de pluie.

CARACTÈRES DES CRUES DU SOUSS.

Débits caractéristiques.

Ils correspondent à des points particuliers de la courbe des débits classés. Ce sont :

DMM : débit maximum moyen journalier de l'année.

DCM : débit dépassé 10 jours par an.

DCE : débit caractéristique d'étiage dépassé 365 jours par an.

Les débits dépassés pendant 1, 3, 6, 9, 11 mois sont désignés par DC 1, DC 3, DC 6, DC 9, DC 11.

Les moyennes sont les suivantes (m³/s) :

	DMM (max.)	DC 1	DC 3	DC 6	DC 9	DC 11	DCE
Aoulouz	540	11,5	17,5	6,6	2,5	0	0
Taroudannt	165	21,5	3,25	0	0	0	0

Pour les débits caractéristiques les plus élevés, les valeurs enregistrées à Aoulouz et Taroudannt sont à peu près de même ordre ; mais, pour les débits dépassés pendant plus d'un mois, on note, à Taroudannt, des valeurs faibles. Les crues sont donc plus étalées à Aoulouz. Elles le seraient encore davantage au pont d'Aït Melloul.

Vitesse, propagation et durée des crues.

Le matériel de jaugeage utilisé ne permet pas de mesurer des vitesses supérieures à 3 m/s. Cette limite est atteinte avant les pointes de crues à Aoulouz et Taroudannt. On n'a donc pas une idée précise des vitesses réelles.

Un ordre de grandeur est donné par l'intervalle de temps séparant des pointes de crues enregistrées aux diverses stations. De fortes crues mettent sept à dix heures pour atteindre Taroudannt depuis Aoulouz : la vitesse moyenne étant donc de 2 à 3 m/s. De Taroudannt à Aït Melloul, douze heures pour 60 km, donc 1,50 m/s : les pentes sont en effet moins fortes.

Les crues de l'oued Issen dévalent vers Aït Melloul à une vitesse de 2 à 3 m/s (trois à quatre heures depuis le barrage de l'oued Issen). Ces ordres de grandeur doivent servir de base pour l'installation d'un système radiophonique d'alerte aux crues.

La durée des crues est sans rapport direct visible avec le débit maximum de pointe observé dans les débuts.

Composition des eaux de crues - Débit solide.

A Aoulouz et Taroudannt, la composition chimique de l'eau ne varie guère en fonction du débit de crues. Le résidu sec varie de 200 à 400 mg dont 20 à 40 mg de Cl. En revanche, à Aït Melloul et oued Issen, les limites de variation sont plus larges : 300 à 500 mg de résidu sec — dont 40 à 80 de Cl — en période de fortes crues ; plus de 1.000 mg, à l'étiage, dont 300 à 500 de Cl.

Le débit solide est également très variable : en période de fortes crues, il dépasse 15 à 30 g par litre ; il est le plus élevé à Taroudannt où il atteint encore 1 g à l'étiage, cependant qu'il est pratiquement nul aux autres stations. En général, il est supérieur à 5 g en période de crues à Aït Melloul et atteint au moins 3 g aux autres stations. Le débit solide à l'océan est de l'ordre du million de m³/an.

Prévision des débits annuels de pointe.

Les débits de pointe seraient les suivants en ordre de grandeur (m³/seconde).

	Décennale	Trentennale	Quinquennale	Centennale	Millénaire
Aoulouz	1000	1300	1500	1800	2500
Taroudannt	750	900	1100	1250	1400
Aït Melloul	750	900	1100	1250	1400
Oued Issen	400	550	650	750	1000

Sur une durée d'observations de trente ans, des crues de 1.200 m³/s ont été observées à Taroudannt et Aït Melloul.

RÉGIME DES AFFLUENTS. « SEGUIAS » (canaux d'irrigation).

Peu de données existent sur les débits des affluents du Souss ; elles concernent :

- l'oued Issen : débit moyen annuel 2 à 10 m³/s ; crues maximums journalières 30 à 250 m³/s (moyenne : 100 à 140) ;
- les oueds Lemdad, Targa, Boursriouil, étudiés en 1959-1962, qui fut une période sèche ; les débits annuels sur chacun de ces affluents n'ont pas dépassé quelques millions de m³ (au maximum dix sur le Lemdad) ;
- les affluents atlasiques du Souss en général dont les débits maximums de crue (hiver 1962-63) ont été estimés par la formule de Manning ; les valeurs sont 100 m³/s pour : Aoukourta, Beni M'Hammed, Ouhaar, Targa ; 200 m³/s pour : Nokheil, Talek-jount ; 350 m³/s pour le Lemdad.

Les débits des seguias dérivées de l'oued Souss ont été mesurés régulièrement, depuis 1936. Ils sont en général inexistantes en hiver car les premières crues notables emportent les ouvrages de prise qui seront reconstruits en mars. On constate que ces débits qui représentent des queues de crues, des eaux de fonte des neiges, ou des trop-pleins de nappes alluviales, varient moins d'une année à l'autre que les débits de crues.

En aval d'Oulad Bou Rbiaa, les seguias rive droite débitent plus que les seguias rive gauche, car elles sont alimentées par les infiltrations dans les piémonts du Haut-Atlas.

Les débits des seguias du Bas-Souss ont notablement baissé depuis 1936 surtout dans les dernières années ; la

moyenne des années 1959-1964 représente à peu près un quart de celle correspondant à 1936-1943. Cette baisse inquiétante serait due à plusieurs causes : la principale semble être le surcreusement du lit du Souss dû à la violence de certaines crues exceptionnelles, qui ne permet plus aux seguias de capter le débit de certaines résurgences.

Débits des seguias du Bas-Souss (moyenne en l/s/an)

	Rive gauche		Rive droite		Total
	Oulad Bou Rbiaa à Oued Issen	Oued Issen à océan	Oulad Bou Rbiaa à Oued Issen	Oued Issen à océan	
1935-45	460	450	1.350	650	2 910
1945-55	390	330	1.000	500	2.220
1955-65	180	130	550	170	1.230

Débits des seguias du Souss à l'étiage 1964

Rive gauche :

— Groupe Aoulouz	530 l/s
— Groupe Igli-Freija	680 l/s
— Groupe Freija-Taroudannt	215 l/s
— Groupe Oulad Bou Rbiaa-Drarga	495 l/s
— Groupe Drarga	89 l/s
Total	2 m ³ /s

Rive droite :

— Groupe Aoulouz	77 l/s
— Groupe Igli-Freija	1.255 l/s
— Groupe Freija-Taroudannt	335 l/s
— Groupe Oulad Bou Rbiaa-Drarga	1.160 l/s
— Groupe Drarga	455 l/s
Total	3,3 m ³ /s

Chapitre III

HYDROGEOLOGIE

1. — Généralités géologiques.

ESQUISSE STRUCTURALE.

Les deux domaines montagneux : Haut-Atlas et Anti-Atlas, se raccordent de manière complexe dans les profondeurs de la vallée du Souss garnie de formations de remplissage plioquaternaires. Ces dernières comprennent des formations détritiques et marnocalcaires qui surmontent un synclinal Crétacé-Eocène orienté Est-Ouest. Le flanc Nord de ce synclinal apparaît en bordure du Haut-Atlas où il affleure largement mais de manière discontinue. C'est la « zone subatlasique méridionale ». Le flanc Sud apparaît dans l'alignement des collines de l'axe de la vallée, où l'on observe des pendages orientés vers le Nord. Ce synclinal est faillé abondamment et de manière complexe, en profondeur. Vers l'Ouest, il repose sur un puissant ensemble jurassique et permotriasique, reconnu par sondages. Enfin, au voisinage d'Agadir, deux cycles de sédi-

mentation pliocène ont intéressé un golfe de dimensions modestes mais assez profondément subsidant.

RÉSUMÉ

PALÉOGÉOGRAPHIQUE.

Au cours du cycle Calédonno-hercynien, les formations essentiellement cristallines et métamorphiques du bouclier africain, qui apparaissent en boutonniers dans la partie axiale de l'Anti-Atlas, ont été revêtues d'une épaisse couverture sédimentaire. Les puissantes séries infracambriennes et géorgiennes (jusqu'à 5.000 m) comprennent essentiellement des calcaires dolomitiques. A partir de l'Acadien et jusqu'au Dévonien, sur une épaisseur pouvant atteindre au total près de 10.000 m, les sédiments sont surtout schisteux et gréseux.

L'orogénie hercynienne s'est manifestée par une émer- sion et par la naissance de grands accidents dans le Haut-Atlas, accompagnée de venues granitiques. Une longue

tion continentale a suivi jusqu'au Dogger. La partie occidentale du pays, celle des Haha-Ida ou Tanane dans le Haut-Atlas, et la basse vallée du Souss, a connu des dépôts marins au Jurassique supérieur. Au Crétacé, la sédimentation s'est poursuivie : les mers du Crétacé et du début du Tertiaire se sont largement étendues vers l'Est surtout au Mésocrétacé dont les mers ont recouvert la partie Nord de l'Anti-Atlas.

Au Lutétien, la mer a quitté le domaine atlasique qui a connu dès lors une évolution continentale. Seul, le golfe d'Agadir se trouvera à nouveau submergé au Pliocène. Les premières phases atlasiques provoquèrent l'érection de la chaîne du Haut-Atlas et l'exhaussement de l'Anti-Atlas. Ensuite, ces reliefs furent affectés par une forte érosion allant jusqu'à l'arasement en pénéplaine.

Au Miocène puis au Pliocène, le Haut-Atlas se soulève : les grands accidents qui l'affectent jouent à plusieurs reprises. Les effets de l'érosion continentale continuent à s'exercer intensément. Au Villafranchien, le réseau hydrographique s'encaisse profondément ; la vallée connaît un régime lacustre dans son centre et reçoit des dépôts continentaux sur ses bordures. Le synclinal crétacé se trouve alors presque entièrement enfoui.

Au Quaternaire, quelques mouvements tectoniques se produisent encore ; la côte est affectée par des transgressions marines de faible portée. Vers l'intérieur, les changements climatiques donnent les phases alternées de creusement et comblement provoquées par les « pluviaux » et les « interpluviaux ».

2. — Géologie des aquifères.

DOMAINE DE L'ANTI-ATLAS.

Dans le puissant ensemble infracambrien de l'Anti-Atlas, on a décrit les séries suivantes (G. CHOUBERT) :

- série « de base » (environ 100 m) : calcaires et schistes ;
- calcaires « inférieurs » (« à patine rousse ») : dolomies et calcaires dolomitiques à grain fin, siliceux, à gros bancs (1.000 m à l'Est, 3.000 m à l'Ouest) ;
- série « lie de vin » (700 m, 500 m à l'Est) : calcaires se chargeant abondamment en schistes, à la base, vers l'Est ;
- calcaires « supérieurs » (500 à 300 m) « à patine chamois » en minces bancs ;
- série « schisto-calcaire » (300 m) : schistes et calcaires alternés.

Les eaux souterraines sont localisées dans les synclinaux et les zones de fractures, les circulations présentant un caractère karstique, peu marqué étant donné l'abondance de la dolomie, dans toutes les formations calcaires.

Les sédiments géorgiens surmontent en continuité la série schisto-calcaire ; ils sont formés de calcaires noirs, de schistes verts et violets et de grès « terminaux ». Seuls les calcaires peuvent être aquifères.

Les termes acadiens essentiellement schisteux affleurent en bordure de l'Anti-Atlas. L'Ordovicien n'est pas connu sur le versant Nord. Au Sud, il est formé de schistes et grès.

Au total, l'ensemble : Géorgien supérieur - Acadien - Ordovicien, comprend une masse de sédiments imperméables essentiellement schisteux, sur une épaisseur supérieure à 2.500 m.

DOMAINE DU HAUT-ATLAS (ANTÉCRÉTACÉ) ZONE AXIALE.

Dans cette région du Maroc, le Haut-Atlas primaire est généralement formé sur plus de 10.000 m d'épaisseur de roches imperméables : roches cristallines d'âge divers, schistes et grès quartzites. Le seul niveau aquifère qui donne des sources est constitué par des calcaires cambriens alternant avec des schistes.

Le bassin de l'Assif N'Aït Moussi (Oued Issen, en plaine) est creusé dans les séries relativement tendres du Permian : conglomérats, grès, agilogrès, et marnes rouges, sur 1.000 m, à la base ; argiles salifères et basaltes sur 500 m au sommet. Seuls les grès peuvent se comporter, localement, en aquifères.

Le Jurassique est connu en affleurements dans la partie extrême occidentale du Haut-Atlas, et aussi au Sud d'Agadir au sondage de Hassi El Beguer qui l'a traversé sur 700 m. Les niveaux aquifères sont représentés par les marnocalcaires et calcaires callovo-oxfordiens (20 à 50 m), les calcaires rauraciens (quelques dizaines de mètres), les calcaires portlandiens (70 à 80 m).

L'ensemble du Jurassique inférieur et moyen est de faciès continental, marneux, grés-argileux et imperméable.

LE SYNCLINAL CRÉTACÉ-ÉOCÈNE DU SOUSS.

Sur le flanc Nord du synclinal, en bordure du Haut-Atlas, on trouve (fig. 6) :

- vers l'Ouest, dans la région du Tagragra et Ameskhoud : une série crétacée marine complète ;
- d'Erguita à Ounein : une longue zone d'affleurements, discontinue et de largeur variable, « la zone subatlasique méridionale ». Entre Ameskhoud et Erguita, les reliefs primaires dominent directement la plaine. D'Ouest en Est, les faciès lagunaires puis continentaux marquent de plus en plus cette série crétacée qui est surmontée à l'Est d'Erguita par une série éocène de faciès lacustre ou continental.

La puissance du Crétacé inférieur, argileux et marnocalcaire, diminue d'Ameskhoud (300 m) vers Erguita (100 m) et oued Targa (60 m). Les grès, marnes et argiles cénomaniens subissent des réductions analogues : d'Ameskhoud (400 m) à Erguita (50 m) ; plus à l'Est, le faciès devient lagunaire (bancs de gypse à Aït Tamment). La « barre turonienne » comprend deux termes : calcaires dolomitiques à la base, surmontés de calcaires à silex en plaquettes. Sa puissance est de 50 m à l'Ouest de Taroudannt ; 30 à 10 m à l'Est.

Le Crétacé supérieur est essentiellement marneux et marnocalcaire, gypseux vers l'Est ; la puissance est de 400 m à Ameskhoud, 1.000 m à Erguita (fosse de subsidence, comprenant 300 m de grès maestrichtiens phosphatés), 300 m à Aït Tamment, 50 m à Aoulouz (grès et marnes rouges).

La série éocène a une épaisseur moyenne d'environ 100 m, elle est marnogréseuse à la base, puis calcaire, enfin marnosableuse.

Dans cet ensemble, les niveaux aquifères sont représentés par :

- les calcaires dolomitiques du Turonien,
- les calcaires et sables phosphatés maestrichtiens, et de l'Éocène inférieur,
- les calcaires à silex lutétiens,

qui donnent de petites sources en montagne et sur le piémont.

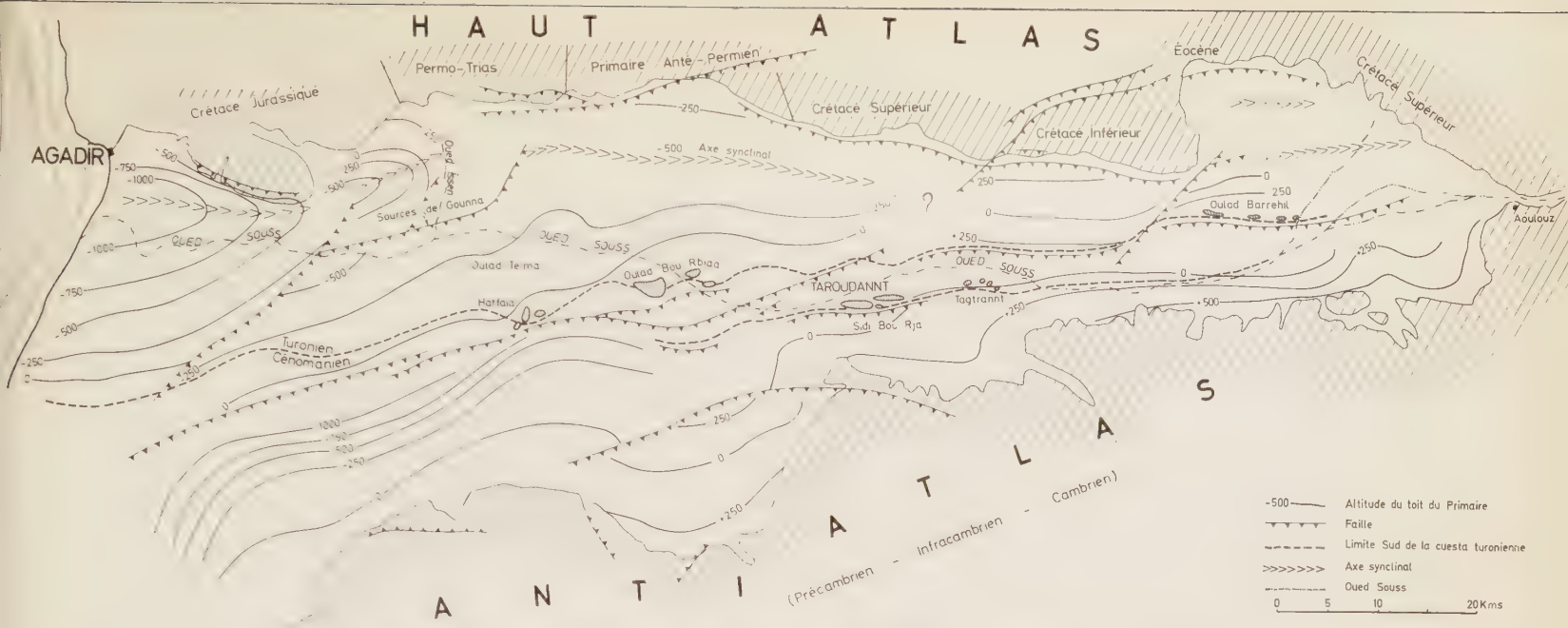


FIG. 6. — Substratum de la vallée du Souss, d'après les résultats des prospections géophysiques

Sur le flanc Sud du synclinal, le Crétacé et l'Eocène sont connus par sondages dans la vallée du Souss, et en affleurements sur les collines de Haffaia, Bou Rbiaa, Sidi Bou Rja, Tagtrannt et Igoudar.

La « barre turonienne » fracturée et fissurée représente ici le seul aquifère utilisable : les calcaires lutétiens rencontrés par sondages aux Oulad Barrehil sont compacts et secs.

STRUCTURE SUBSURFACE DE LA VALLÉE DU SOUSS.

Les prospections géophysiques et les reconnaissances par sondages ont permis d'acquérir une idée d'ensemble de la structure du substratum de la vallée (fig. 7-8).

Les grands traits en sont les suivants :

- La flexure bordière de l'Anti-Atlas est marquée par un plongement des calcaires géorgiens sous la vallée, avec un gradient moyen de 15 à 20 %.
- La cuesta turonienne qui limite au Sud le synclinal du Souss passe par El Klea, Ain Chaib, Haffaia, puis se dédouble vers l'Est. La branche Nord passe par Taroudannt et gagne le Haut-Atlas. La branche Sud suit sensiblement le lit du Souss. Le toit du Turonien a une pente régulière vers le Nord, de l'ordre de 7 % jusqu'à l'axe du synclinal constituant le fond de la « gouttière sud-atlasique ». Au Nord du pli d'Igoudar, la pente atteint 12 %.
- Le fond de la « gouttière », qui a une altitude moyenne de 450 m de Taroudannt à Oued Issen, s'abaisse rapidement à l'Ouest de la flexure d'El Klea et atteint la cote (— 1.200), à l'embouchure de l'Oued Souss. Le flanc Nord du synclinal se relève vers le Haut-Atlas avec une pente de 20 % pour une dénivellation de 1.200 m.

Le « golfe subsident d'Agadir » s'est formé à l'Oligocène. Les terrains néogènes : gréseux et calcaires au sommet, argileux à la base, y ont été traversés sur 600 m (sondage AG 1).

FORMATIONS DE REMPLISSAGE DE LA VALLÉE DU SOUSS.

Dans le golfe pliocène d'Agadir, les niveaux perméables sont représentés par des grès coquilliers et conglomérats. Ces aquifères sont ponctionnés par les stations de pompage qui alimentent la ville d'Agadir.

Dans la gouttière sud-atlasique, le Néogène continental est représenté par de puissants dépôts conglomératiques, au pied du Haut-Atlas. Plus au Sud, il s'agit de formations fluviolacustres essentiellement marnocalcaires, argileuses, gréseuses avec intercalations conglomératiques. C'est la « formation du Souss » d'âge « Pliovillafranchien » (R. AMBROGGI) qui a été traversée entièrement par douze sondages et partiellement par de nombreux autres ; son épaisseur est de :

- 250 à 300 m au Sud de l'Oued Souss, à l'aval de Taroudannt, diminuant en direction des buttes crétacées et de l'Anti-Atlas ;
- plus de 500 m en direction du Haut-Atlas, vers Aoulouz, et au Sud du pli d'Igoudar.

La lithologie est très complexe dans le détail. Cependant, il semble possible de distinguer deux niveaux principaux :

- un faciès « lacustre » calcaro-argileux et surtout marnocalcaire, de couleur rose saumon dans sa partie supérieure ;
- un faciès « fluviolacustre » sablogréseux et argileux dans sa partie inférieure dont la puissance tend à se réduire vers l'Est.

Un troisième faciès est constitué par des conglomérats très divers, plus ou moins bien consolidés ; ceux-ci représentent la presque-intégralité du Néogène continental au voisinage du Haut-Atlas et vers l'Est. Plus au Sud, ils se présentent en intercalations de 10 à 15 m d'épaisseur dans les marnocalcaires et les argiles sableuses.

Il arrive, enfin, que l'on trouve au contact du Crétacé sous-jacent un niveau marnocalcaire d'épaisseur variable (Oligomiocène ?).

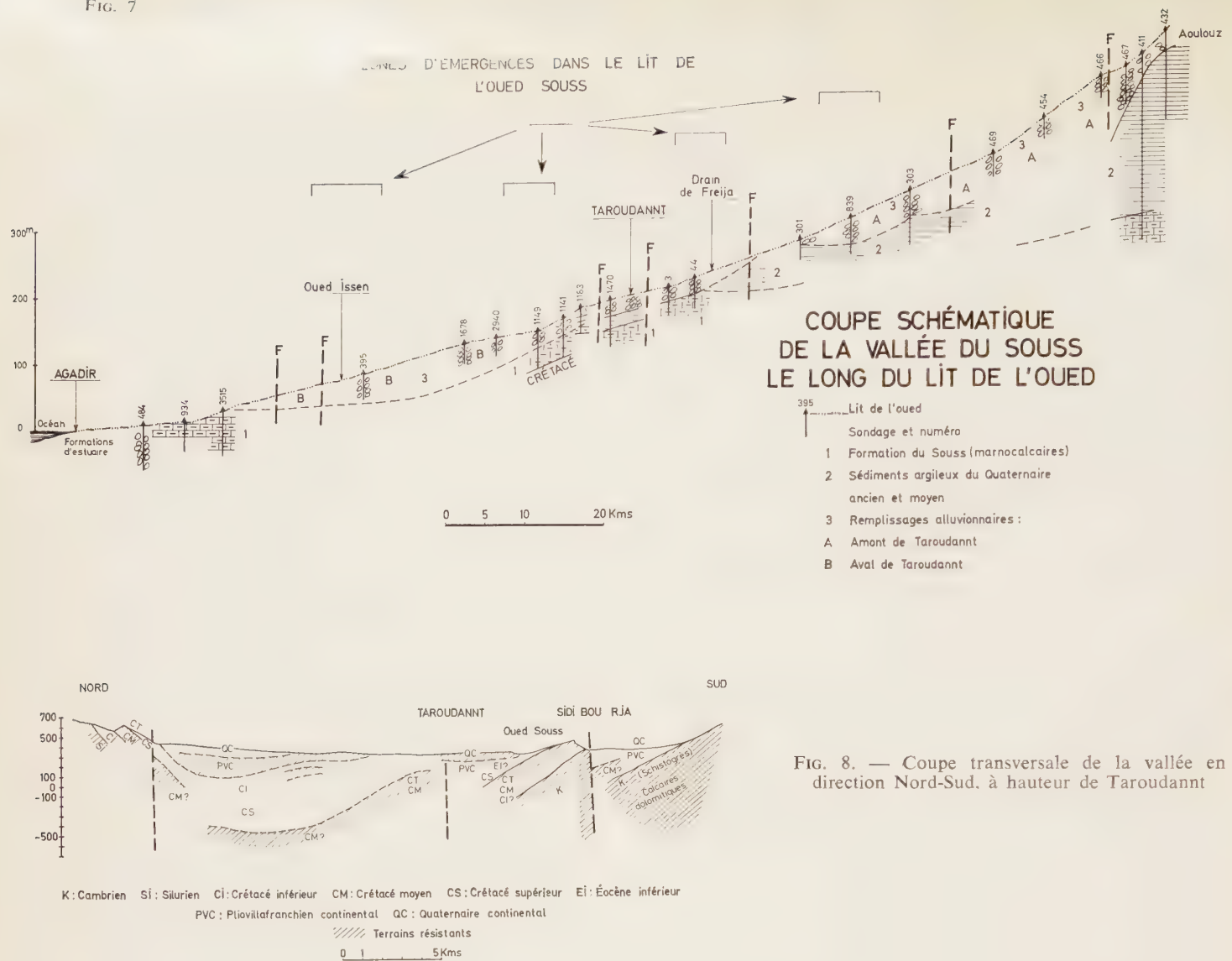


FIG. 8. — Coupe transversale de la vallée en direction Nord-Sud, à hauteur de Taroudannt

QUATÉNAIRE CONTINENTAL.

La limite entre le Quaternaire ancien et le Néogène n'est pas aisée à déterminer. A ce jour, les formations quaternaires du Souss n'ont pas été décrites et datées, dans une étude systématique d'ensemble. En rapprochant les coupes d'une centaine de puits et sondages, on peut discerner les grandes subdivisions lithologiques.

Dans l'ensemble, le Quaternaire est assez souvent argileux : il en est ainsi :

- dans les cônes de déjection (Quaternaire ancien),
- dans la « formation du Souss remaniée » (Quaternaire moyen),
- des limons du Quaternaire récent et actuel : alluvions argileuses à l'aval de l'oued Issen par exemple.

Il existe également des niveaux conglomératiques, au pied du Haut-Atlas. Les niveaux calcaires sont représentés par certains bancs de la « formation du Souss » et par la dalle du Quaternaire ancien.

La formation du Souss « Pliouaternaire » admet, dans ses niveaux supérieurs, des circulations d'eaux souterraines, selon un mode « semi-karstique » : en effet, les marnocal-

caires sont creusés de canalicules, avec dépôts de manganèse et concrétions calcaires.

Les formations récentes sont, souvent, les plus perméables : dunes, étendues sableuses, et, surtout, alluvions de lits d'oueds actuels et fossiles dont l'épaisseur atteint plusieurs dizaines de mètres. Ces alluvions absorbent en amont les eaux de crues et les restituent en aval sous forme de débits importants et réguliers, débités par des drains, tranchées drainantes dans le lit du Souss, et stations de pompage.

3. — Nappes profondes.

Les nappes profondes de l'encadrement montagneux de la vallée du Souss sont connues par leurs exutoires qui sont, le plus souvent, de petites sources. Les nappes de la vallée ont été reconnues par des sondages qui ont parfois fourni des eaux artésiennes.

DOMAINE DE L'ANTI-ATLAS.

La masse calcaire et calcarodolomitique de l'Anti-Atlas constitue un aquifère à porosité de chenaux et fissures. C'est dans les zones faillées et synclinales que les possi-

bilités hydrauliques sont les meilleures. En bordure du Souss, la couverture schistogréseuse du Géorgien supérieur forme obstacle à l'écoulement souterrain des eaux de l'Anti-Atlas vers la plaine ; les eaux ainsi mises en charge trouvent un exutoire aux sources d'Oumsdikt et Tidsi, d'Assadas-Tazemmourt et de Tioute.

Plus à l'Est, les divers niveaux calcaires (« inférieurs », « supérieurs », etc...) sont directement en contact en profondeur avec les formations de remplissage de la vallée et les alimentent probablement en eau, notamment, à la faveur de zones faillées. La réalité de cette alimentation latérale par abouchement des calcaires a été vérifiée au sondage de Sidi Saïd N'Dir ; elle semble confirmée par les cartes phréatiques, mais elle n'a pu être évaluée quantitativement.

Les sources de la bordure de l'Anti-Atlas représentent au total 100 l/s ; leur débit semble n'avoir guère varié en vingt ans, bien que la pluviométrie ait elle-même connu de grandes fluctuations ; c'est que l'énorme masse montagneuse régularise sur un grand nombre d'années les eaux d'infiltration qu'elle absorbe.

Les eaux de l'Anti-Atlas ont en général un faciès bicarbonaté calcomagnésien avec un résidu sec inférieur à 700 mg/litre et des températures dépassant toujours 24°. A Tioute et dans la vallée de l'oued Arrhène, les eaux ont un faciès sulfaté avec un résidu sec dépassant le gramme par litre.

HAUT-ATLAS.

Parmi les aquifères notables que l'on trouve sur la bordure montagneuse de la plaine du Souss, il faut citer :

- les calcaires plus ou moins métamorphisés du Cambrien qui donnent des eaux bicarbonatées calciques, à faible résidu sec (moins de 400 mg) ;
- les grès stéphano-autuniens et permotriasiques : les eaux sont ici sulfatées ou chlorurées sodiques ;
- les calcaires du Jurassique supérieur (Lusitanien et Callovo-oxfordien) : les eaux sont ici de faciès sulfaté-calcomagnésien ;
- les calcaires dolomitiques du Crétacé moyen : eaux de faciès bicarbonaté, magnésien avec parfois un faciès secondaire chloruré sodique ;
- les calcaires du Crétacé supérieur (Santonien) et de l'Eocène moyen : eaux de faciès sulfaté ;
- les conglomérats néogènes (sources du Gounna et de l'oued Talekjount).

D'Agadir à Aoulouz, 70 sources ont été inventoriées ; leur débit total est de 500 à 600 l/s. Les plus importantes sont celles d'Ameskoud et Gounna. Les modalités d'un abouchement latéral éventuel des nappes profondes du Haut-Atlas avec celles de la vallée du Souss ne sont pas connues.

VALLÉE DU SOUSS.

Deux aquifères principaux existent sous la vallée : les calcaires et grès du Crétacé moyen et les conglomérats du Néogène continental. Ils sont en étroit rapport ; dans leurs niveaux supérieurs, ils sont en contact ouvert avec les alluvions et les terrains quaternaires contenant la nappe phréatique.

Les nappes du Cénomanien gréseux ont été testées sur les sondages de « Gounna » (337-402 m), « Comexas » (125-430 m) et « El Klea » (310 à 400 m). Les résultats sont fragmentaires et peu concluants.

Les calcaires cénomanoturonien, en revanche, ont fourni des eaux artésiennes sur les forages d'Oulad Teima, Ain Chaib, El Klea, Gounna. Les débits au sol sont faibles et souvent inférieurs à 1 l/s. Il semble qu'au-delà d'une profondeur de 150 m, les calcaires turoniens soient très peu aquifères, car peu fissurés. Dans les meilleures conditions, le débit spécifique disponible en pompage est de 2 à 7 l/s par mètre de rabattement.

Les nappes du Néogène continental ont fourni des eaux ascendantes ou artésiennes dans les sondages « Oulad Teima », « Ain Chaib », « Comexas », « Ait Hammadi », « El Klea II ». Les débits disponibles sont du même ordre. Il semble donc que les résultats obtenus sur ces quelques forages profonds ou semi-profonds ne soient guère encourageants en ce qui concerne la prospection d'eaux artésiennes dans le Souss.

Les eaux de ces nappes de la vallée ont des faciès voisins du type bicarbonaté calcomagnésien avec un résidu sec de 400 à 500 mg. Elles sont très voisines de celles de l'Anti-Atlas. La température de certaines eaux artésiennes atteint 30°.

4. — La nappe phréatique. Caractéristiques des aquifères.

La nappe phréatique est la seule unité hydrogéologique qui soit intensivement et économiquement exploitable. Elle est aussi la mieux connue : les observations sur les niveaux de l'eau ont porté sur quelque 100 piézomètres et 1.000 puits témoins observés d'une manière systématique pendant une durée atteignant une vingtaine d'années pour certains ouvrages.

Des sondages d'essai dont beaucoup ont été testés par pompage, ont permis de reconnaître les caractéristiques hydrologiques des aquifères du Souss ; ceux-ci peuvent être classés en quatre catégories principales, ainsi qu'il suit.

CALCAIRES CÉNOMANOTURONIENS.

Les observations ont porté sur une douzaine de sondages exécutés de 1948 à 1959, à proximité des buttes calcaires de la vallée du Souss. D'abord à El Aaricha, puis Oulad Bou Rbiaa, Haffaia, Maharzia. Ce sont les sondages de Haffaia qui ont donné les meilleurs résultats.

Des pompages d'essai à fort débit y ont été effectués en 1954 ; pendant une période de deux mois, les niveaux de la nappe, avant, pendant et après pompage, ont été observés sur plusieurs centaines de puits. L'ensemble des résultats est résumé dans le tableau suivant :

	Nbre sondages	Épais. calcaires (m)	Profondeur eau (m)	Débit max. (l/s)	Rabattement (m)	Débit spécifique l/s/m
Oulad Bou Rbiaa	6	20 à 30	8 à 25	50 à 200	0,5 à 2	50 à 80 (max. 200)
El Aaricha	4	10 à 30	11 à 13	500	3,5	150 à 300
Haffaia	2	12 à 18	7 à 8	50	11	5 à 6

Les caractéristiques hydrologiques ont été calculées par E. de GÉLIS et R. HAZAN :

	T (transmissivité) (m ² /s)	K (perméabilité) m/s	S (emmagasinement)
Oulad Bou Rbiaa	5 à 15.10 ⁻²	5.10 ⁻³	10 ⁻⁴
Haffaia	20.10 ⁻²	6.10 ⁻³	3.10 ⁻²
Maharzia	2 à 4.10 ⁻²	1 à 1,5.10 ⁻³	2.10 ⁻²

pompages de l'oued Souss. Il est montré qu'en ce secteur privilégie les écoulements naturels. Les alluvions constituent un excellent drain naturel. Les formations moins transmissives, l'ensemble reagissant conformément à la loi de Darcy, puisque les influences constatées sont proportionnelles aux débits pompés. Les niveaux ont constamment baissé, ce qui tendrait à montrer que les pompages « minent » la nappe qui s'épuise plus rapidement qu'elle ne peut se réalimenter.

GRÈS ET CALCAIRES PLIOCÈNES ET QUATERNAIRES D'AGADIR.

Ils donnent également des débits importants lorsqu'ils ont une position qui leur permet de se comporter comme un drain :

	Nombre sondages	Profondeur eau (m)	Débit	Débit spécifique l/s/m	T m ² /s	K m/s
Agadir	4	20 à 80	20 à 40	7 à 20	$25 \cdot 10^{-3}$	
Dunes au Sud du Souss	3	30 à 60	25 à 50	1 à 5	$10 \text{ à } 20 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$

FORMATION DU SOUSS.

Elle a été étudiée au cours de trois campagnes de forages d'essai : 1954-58 (7 forages), 1963 (11 forages), 1964 (5 forages).

En mettant en parallèle les résultats obtenus, on peut observer que le débit spécifique obtenu par mètre de rabattement va en diminuant vers l'Ouest. Il est de plusieurs l/s à l'Est d'Oulad Bou Rbiaa, de l'ordre du l/s entre Oulad Bou Rbiaa et Haffaia. Vers Aït Melloul, il n'est plus que 1/10 de l/s. Cependant, lorsque des conglomérats sont interstratifiés dans la série marnocalcaire « du Souss », les débits spécifiques peuvent atteindre des valeurs plus élevées : 3 à 5 l/s et davantage. La transmissivité varie de la même manière : de 20 à $50 \cdot 10^{-3}$ m²/s pour les bonnes valeurs, à $1 \cdot 10^{-3}$ ou moins vers l'Ouest.

Le coefficient d'emmagasinement est inférieur le plus souvent à 1 %. Dans la forêt d'Ademine où les puits sont très rares, il est inférieur à 1 %.

ALLUVIONS ET LITS FOSSILES.

Les débits spécifiques obtenus ici sont beaucoup plus élevés ; ils sont en moyenne de 6 à 12 l/s, parfois 20 l/s, et exceptionnellement 50 à 100 l/s à l'Est de Taroudannt (20 forages étudiés).

Les valeurs connues de la transmissivité sont proches de celles enregistrées sur les conglomérats néogènes (20 à $60 \cdot 10^{-3}$ m²/s), l'emmagasinement s'élevant à 3 ou 10 %.

PERMÉABILITÉ DES SOLS DE LA VALLÉE (K en m/s).

Les terrains les plus perméables (K compris entre 40 et $100 \cdot 10^{-6}$) sont les étendues sableuses situées au Sud de l'oued Souss, des Chtouka à la région de Sidi Bou Rja, et aussi les sols alluviaux et caillouteux de piémont, les sols rendziniformes et les calcaires lacustres de la rive gauche du Souss, aux environs d'Oulad Teima. La majorité des terrains de l'axe de la vallée sont limoneux avec une perméabilité moyenne ($20 \text{ à } 40 \cdot 10^{-6}$). Sur la rive droite du Souss, d'Igli à Oued Issen, les terrains sont argileux avec une perméabilité faible ($K < 10^{-6}$).

5. — La nappe phréatique. Caractéristiques générales.

OUVRAGES D'ÉTUDES.

On compte, dans le Souss, plus de 100 forages piézomètres dont :

55 réalisés en 1954-55 aux Haffaia-Bou Rbiaa, longueur totale 750 m ;

30 réalisés en 1959 dans la partie moyenne de la vallée, longueur totale 750 m ;

17 réalisés en 1964 dans le Souss amont, longueur totale 1.000 m.

Les ouvrages ont été visités bimensuellement ou mensuellement, selon les époques.

De très nombreux puits témoins ont été étudiés dans le Souss ; vingt ouvrages ont été spécialement construits par le Service d'Hydraulique en 1945 et ont été approfondis dans les secteurs où la nappe a baissé ; ils ont été relevés très régulièrement.

Pour le levé des cartes phréatiques, plusieurs réseaux de puits témoins ont été sélectionnés à diverses époques ; les profondeurs de l'eau ont été notées à partir des repères de nivellement.

En particulier de 1959 à 1963, des cartes phréatiques détaillées ont été levées à trois reprises sur un réseau de plus de 800 puits témoins au cours des hivers 1959-1960 et 1961-1962, et du printemps 1963 (fig. 9).

PROFONDEUR DE LA NAPPE.

La nappe affleure dans le lit de l'oued Souss à partir d'Oulad Bou Rbiaa ; elle est à moins de 5 m aux environs de l'estuaire de l'oued Souss. Vers Taroudannt et à l'Est, elle est en général à 10 m, dans les alluvions.

A proximité du lit du Souss et de ses affluents, elle est souvent à moins de 15 m, mais ces zones privilégiées ont tendance à se rétrécir en raison de l'exploitation intensive. Vers le Nord et le Sud, la profondeur croît rapidement. Elle dépasse facilement 100 m au voisinage des piémonts.

Les courbes d'isoprofondeur constituent une image régulière, sauf à l'aval d'Oulad Bou Rbiaa où l'on note des courbes fermées ; les fortes cotes indiquent les zones déprimées par pompage, les cotes faibles (10 à 15 m) des réserves d'eau relativement « perchées », sous-jacentes aux forêts d'arganiers. La profondeur s'accroît près de la côte, sous les massifs dunaires dont certains sont élevés.

FORME ET GRADIENT DE LA SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE.

Les cartes phréatiques mettent en évidence l'existence de plusieurs axes de drainage naturel qui coïncident souvent avec les lits actuels ou fossiles du Souss et de ses affluents atlasiques. Les zones de dispersion des filets d'écoulement indiquent les secteurs où la nappe est suralimentée par des injections d'eaux de crues ou de ruissellement. Elles peuvent correspondre aussi à des zones de faible perméabilité (Oulad Teima). Le gradient hydraulique moyen décroît en général de l'amont vers l'aval. Ses valeurs moyennes sont : 20 à 15 ‰ d'Aoulouz à Oulad Barrehil ; 5 ‰ d'Igli à Oulad Bou Rbiaa et dans la région d'Ademine (7 ‰ à Oulad Teima) ; 1 ‰ d'Aït Melloul à l'océan — 2 ‰ au Sud des Haffaia (terrains argileux à faible perméabilité).

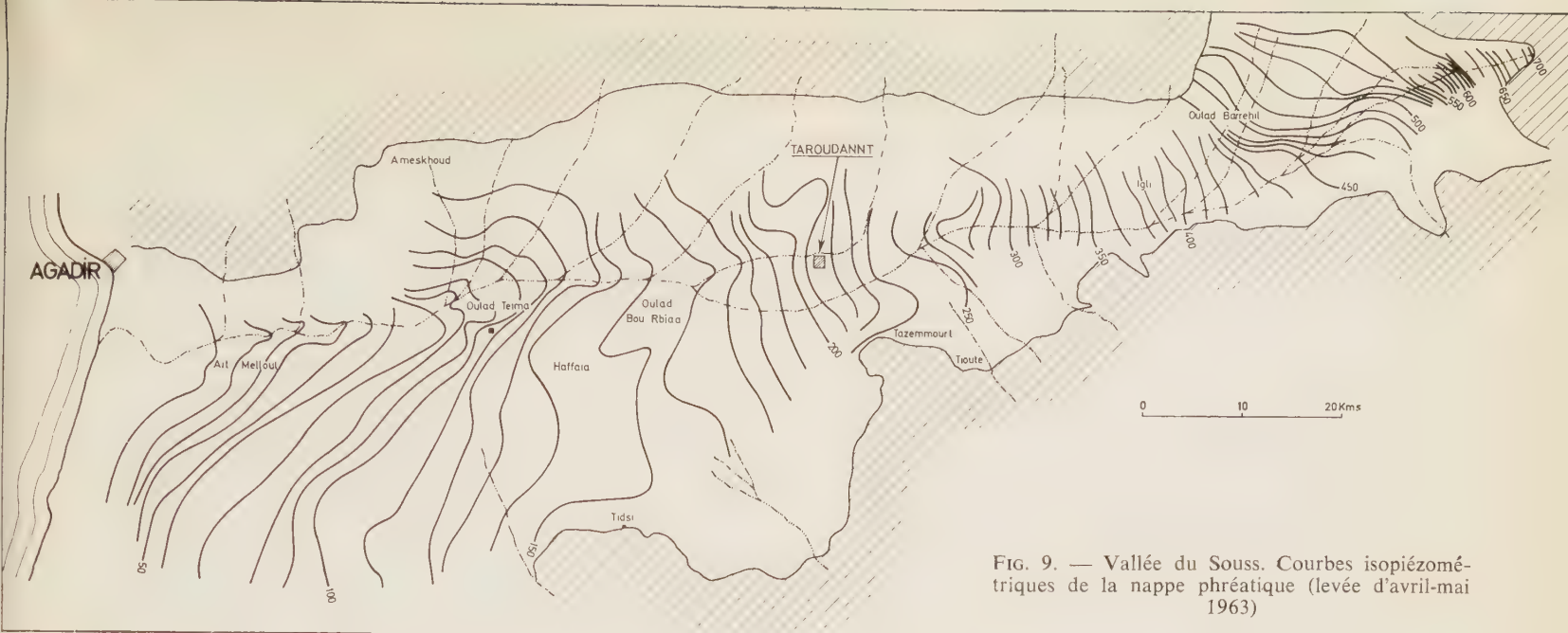
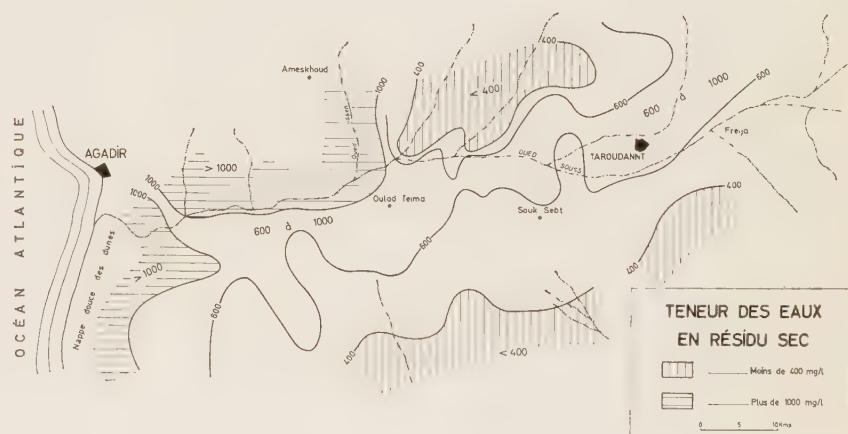


FIG. 9. — Vallée du Souss. Courbes isopiézométriques de la nappe phréatique (levée d'avril-mai 1963)

FIG. 10. — Vallée du Souss. Concentration des eaux : résidu sec



PUissance AQUIfÈRE ET VOLUME D'EAU.

Les formations de remplissage du Souss ne constituent pas une formation homogène car elles contiennent des feuillets ou des lentilles conglomératiques, des masses argileuses, des bancs calcaires ; certains niveaux de marnocalcaires sont altérés et fissurés, d'autres sont compacts. La variabilité de ces faciès existe aussi bien dans le sens vertical (stratification) qu'horizontal (passage latéral). Le « substratum imperméable » est ici une notion dépourvue de sens.

On peut évaluer le volume d'eau contenu dans les terrains intéressant la tranche supérieure de la nappe phréatique normalement exploitable par pompages, dont la limite extrême n'excède pas 40 m ; ceci grâce à la connaissance des coefficients d'emmagasinement : 3 à 5 % en moyenne ; 10 % dans les zones alluviales, 1 % d'Oulad Teima à l'océan. Ce volume est de 120 à 150 millions de m³ par tranche de 1 m, soit 5 km³ environ pour 40 m ; ce chiffre exprime, en quelque sorte, le capital hydraulique de la vallée.

VITESSES ET DÉBITS.

Quelques mesures de vitesses ont été effectuées par R. AMBROGGI en 1949 ; elles ont fourni des résultats de

même ordre pour les conglomérats, alluvions, calcaires lacustres, formations du Souss (50 à 200 m/jour = 2 à 7 km/an) ; ceci concerne les filets liquides superficiels. Le calcul des vitesses, qui exprimerait les modalités de la circulation en profondeur, donne 20 à 50 cm/jour pour les marnocalcaires, 50 à 200 cm/jour pour les alluvions fines.

Le débit de la nappe, au kilomètre de front, serait de 150 à 200 l/s à l'Est de Taroudannt : au total, près de 3 m³/s au droit de Taroudannt, 20 à 40 l/s au km à hauteur d'Oulad Teima : au total, 1 m³/s ; la différence représente le débit des exutoires qui est effectivement de l'ordre de 2 m³/s.

Le bilan est déficitaire d'Oulad Teima à l'océan. L'écoulement à celui-ci serait de l'ordre de 1 m³/s, le long de 25 km de côtes.

6. — Caractéristiques physiques et chimiques des eaux.

TEMPÉRATURES.

Les mesures ont intéressé divers secteurs à différentes époques. A Aoulouz, on distingue les dégorgements issus des calcaires infracambriens par la température des eaux

est supérieure à 23°. Dans la région de Gounna, les températures sont supérieures à 20° et la température moyenne mensuelle de la période estivale est 19-25°. Pour l'ensemble de la vallée, les températures les plus élevées (plus de 22°) intéressent la bordure de l'Anti-Atlas et les zones où la nappe est peu profonde. Ces dernières accusent en revanche, en hiver, des températures inférieures à 20°. Dans une certaine mesure, les cartes de température peuvent indiquer les mouvements d'eaux souterraines en fonction des injections d'eaux de crues et de l'action des pompages.

CONCENTRATION DES EAUX.

Plus de mille échantillons d'eaux ont été analysés dans le Souss. Le résidu sec a en moyenne les valeurs suivantes (fig. 10) :

- 0,4 g/l en amont d'Igli, sauf dans la région des rhattara d'Oulad Barrehil où il atteint 0,5 à 0,7 g, exceptionnellement 1 à 2 g ;
- 0,4 g/l et moins sur les piémonts montagneux, sauf aux abords de l'oued Issen (1 g) ;
- 0,4 à 0,6 g dans l'ensemble de la vallée ; davantage dans les secteurs de pompages intensifs ; 0,6 à 0,8 g aux abords du lit du Souss à l'aval de Taroudannt ;
- plus de 1 g à l'aval d'Aït Melloul, mais moins au voisinage des dunes.

En général, les eaux sont donc peu chargées si on les compare à celles des autres bassins situés au Sud de l'Atlas plus à l'Est du Maroc. Les cartes d'isoteneurs en chlorures sont assez semblables d'allure à celles représentant le résidu sec. En amont, il y a moins de 100 et parfois moins de 50 mg de ClNa par litre ; c'est, également, le cas sur la plupart des piémonts lorsque les terrains ne sont pas eux-mêmes salés. Dans l'axe de la vallée, les eaux sont plus chargées que la moyenne dans les zones de pompages intensifs, moins sous l'arganeraie.

FACIÈS DES EAUX.

L'évolution des eaux de l'amont vers l'aval suit la loi générale observée dans les zones arides :

- en amont, le faciès est bicarbonaté, calcomagnésien (avec prédominance, ici, de faciès magnésien) ;
- dans la partie moyenne de la vallée, il en est sensiblement de même. Les eaux de la formation du Souss tendent localement vers un état « neutre ». Un faciès secondaire sulfaté tient à apparaître près des calcaires crétacés.

En aval, le faciès chloruré, sodique ou magnésien est souvent prédominant. Dans les terrains plus argileux du Souss aval, les eaux ont tendance à céder leur calcium et à acquérir du sodium. Dans la région comprise entre Aït Melloul et l'océan, des influences diverses et contradictoires agissent sur la composition des eaux :

- en faveur de la minéralisation : l'invasion marine due aux remontées des marées dans le lit du Souss, et aux pompages intensifs ; la faible profondeur de la nappe et sa très lente circulation ; l'existence de dépôts lagunaires dans le sous-sol ;
- en faveur de l'adoucissement : les eaux souterraines et de crues arrivant de l'amont ; les venues d'eaux souterraines s'exerçant à partir des dunes côtières et qui ont pour origine l'infiltration d'eaux de pluies.

L'influence de la marée s'exerce sur un kilomètre au moins à l'intérieur des terres. L'eau du « drain des dunes » qui alimente Agadir est plus salée à marée haute.

7. — Hydrodynamique.

Les fluctuations du niveau de l'eau dans les piézomètres et puits témoins, au total : 6.000 mesures environ, ont été reportées sur des graphiques qui permettent d'apprécier le régime annuel et interannuel de la nappe.

RÉGIME ANNUEL.

Il est influencé par deux catégories de facteurs antagonistes : d'une part, les pompages d'avril à octobre, et l'évaporation estivale qui dépriment les nappes ; d'autre part, en hiver, l'arrêt des pompages et l'infiltration d'eaux de ruissellement de crues qui en permettent la remontée. Ces mouvements sont en général concordants dans l'ensemble de la vallée, mais avec des amplitudes, très différentes, déterminées par les conditions locales.

L'amplitude des remontées des nappes en fin d'étiage est, en moyenne, de 0,50 m à 1 m dans la partie moyenne de la vallée ; elle a pu atteindre 2 à 5 m dans certains secteurs (Oulad Bou Rbiaa - Haffaia), notamment dans certaines années très privilégiées. C'est en février que la nappe est au plus haut ; l'étiage se situe en octobre-novembre. La période de décharge dure environ huit mois et la recharge quatre mois ; six mois en années de forte hydraulité, moins de trois mois en années très sèches. Les modules de recharge sont de l'ordre de 5.000 à 30.000 m³/mois/km², selon les années ; 100.000 dans les alluvions.

Les nappes sont rechargées principalement par les infiltrations d'eaux de ruissellement sur les piémonts, et d'eaux de crues dans les lits d'oueds ; on a vu, en effet, que l'alimentation latérale de la nappe du Souss par les bordures montagneuses connaît peu de variations interannuelles, et, *a fortiori*, saisonnières.

Le coefficient d'infiltration dans le lit du Souss serait de l'ordre de 40 à 50 %. Cet ordre de grandeur est obtenu à la fois par un calcul hydrologique et par des observations hydrogéologiques. Au total, en bonne année moyenne, 100 à 120 hm³ pénètrent dans les alluvions. Le volume d'eau infiltré annuellement, dans l'ensemble de la vallée, serait de l'ordre de 200 hm³, en moyenne.

Les décharges saisonnières sont, en moyenne, de 0,5 à 1 m et peuvent atteindre 2 m. Les amplitudes les plus élevées se situent dans les zones de fortes recharges : à l'Est de Taroudannt.

La loi de la décharge est régie par la hauteur de la recharge initiale ; celle-ci dépend exclusivement de la hauteur des pluies, facteur inopiné. Le mouvement oscillatoire de la nappe ne connaît donc pas de position d'équilibre.

La décharge est un phénomène régulier qui dépend exclusivement des caractéristiques hydrologiques de l'aquifère. La vitesse de décharge est environ 4 cm/mois et peut atteindre 25 cm/mois ; la décharge s'effectue selon une loi représentée par une fonction exponentielle négative : les points bas de la courbe représentant non pas un équilibre, mais bien l'arrêt d'une décharge et le début d'une recharge. Il semble qu'autrefois, alors que la nappe n'était pas sollicitée par des pompages puissants, ses fluctuations étaient relativement faibles. Ceci apparaît sur les graphiques du niveau d'eau dans les puits-témoins, dans les parties relatives aux années 40.

Les prélèvements par pompages et les recharges étant conditionnés principalement par le régime des pluies qui ignore toute loi de périodicité, les fluctuations interannuelles de la nappe ne se présentent pas non plus en cycles réguliers, d'autant plus que la période d'observation utile n'excède guère dix ans, depuis 1955 (fig. 11).

L'année 1956 a connu une forte hydraulicité ; elle a été suivie de cinq années très sèches, une médiocre, puis une année exceptionnelle, et une de forte hydraulicité. Au terme de ces dix années, il semble que le niveau de 1956 ait été dépassé de 2 à 3 m à l'Est de Taroudannt, retrouvé à Oulad Bou Rbiaa ; cependant, un déficit de 2 à 3 m demeure à Haffaia et vers l'Ouest. Le niveau de l'étiage d'automne a décliné de manière continue et sensiblement linéaire depuis 1956 et jusqu'en septembre-octobre 1962 ; il s'est, ensuite, sensiblement relevé et s'est maintenu à un même niveau en 1964 et 1965.

Il est évident que les fluctuations de la nappe à l'Est de Taroudannt sont en relation directe avec les recharges consécutives aux crues dans le lit du Souss et ses affluents. Il suffit pour le constater de citer les valeurs des écoulements annuels moyens à Aoulouz (m^3/s) :

1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
33	4,5	5,3	1,8	2,7	0,03	8	18	9,5

(1963 est sans doute sous-évalué)

LE DRAIN DE FREIJA. ALIMENTATION ET DÉCHARGE.

Le drain de Freija creusé dans un lit fossile de l'oued Souss parallèle au lit actuel fournit un débit important qui irrigue l'olivaie de Taroudannt. Le débit de cet ouvrage a été mesuré de manière continue avec un limnigraphe. On a constaté que les alluvions se comportent de manière homogène et que le tarissement s'exprime par une courbe exponentielle négative dont le coefficient de décroissance est sensiblement constant et égal à 0,08 (le temps étant exprimé en mois).

Si Q_0 est le débit maximum du drain après une recharge (instant 0), Q étant le débit du drain à l'instant t , on a :

$$\log \frac{Q_0}{Q} = 0,08 t$$

Les valeurs prévisibles du débit dans le cas où aucune recharge n'intervient sont les suivantes :

Débit initial	après 3 mois	après 5 mois	après 10 mois	après 20 mois
500	385	330	225	100
700	550	465	360	140
1.000	730	660	450	200

L'expérience a montré qu'il ne s'écoule pas plus de dix mois entre deux recharges successives. Le débit minimum (moins de 400 l/s) a été observé à la fin d'une longue suite d'années sèches (1957-62).

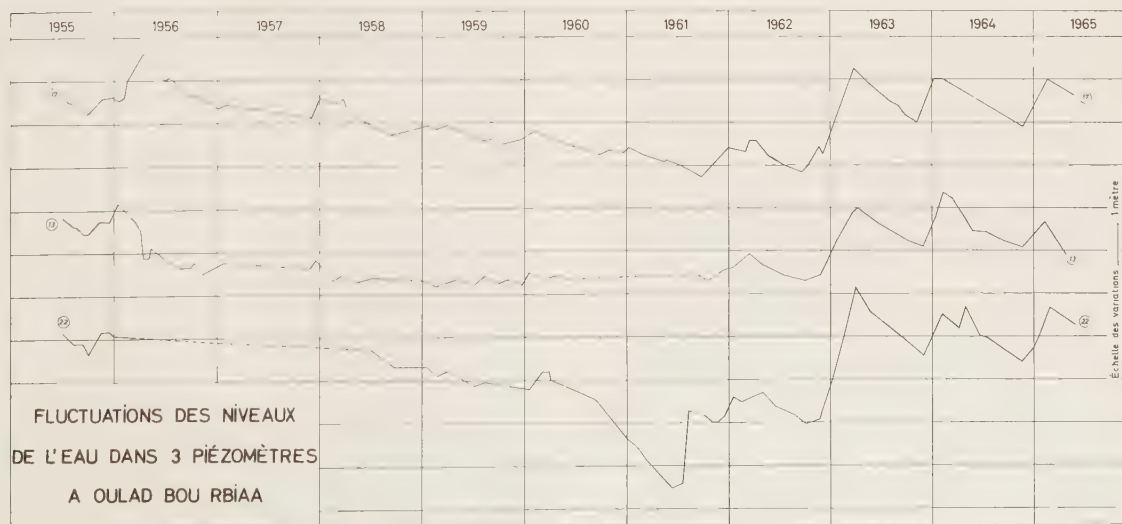
MOUVEMENTS DE LA NAPPE DANS LA RÉGION DE HAFFAIA.

La station de pompage des Haffaia permet d'assurer, à distance (15 km), l'irrigation de plusieurs centaines d'hectares d'orangeries permettant, ainsi, leur survie, car les ressources en eaux souterraines disponibles sur place sont faibles et en diminution ; elle est exploitée d'avril à octobre au débit de 160 l/s.

Les piézomètres des Haffaia ont enregistré une baisse considérable de 1955 à 1962. Cette baisse a été suivie d'une remontée pendant l'hiver 1962-1963 ; le niveau se maintenant sensiblement en 1964 et 1965. Ce « rattrapage » n'a cependant atteint que les 30 à 50 % de la baisse totale. Par ailleurs, on constate que les remontées annuelles récupèrent en général 50 % de la baisse survenue pendant l'année antérieure. Ce phénomène de baisse n'est pas dû aux pompages des Haffaia seuls : le calcul montre qu'il est directement en rapport avec l'ensemble des pompages pratiqués dans la plaine rive gauche entre le pont de Taroudannt et la forêt d'Ademine, qui représente au total 5 $m^3/s/an$.

Le puits de Haffaia peut débiter 500 l/s avec un rabattement faible. Le débit effectivement exploitable est limité pour une seule considération : la baisse de la nappe peut entraîner le tarissement des puits environnants créant ainsi des difficultés politiques. Cette baisse comprend deux éléments : la dépression temporaire de la nappe due aux pompages, 0,50 m à 1 m selon les secteurs, auquel s'ajoute l'abaissement définitif du niveau piézométrique, 0,30 à 0,50 m. L'influence propre de la station sur cet abaissement définitif est de l'ordre du centimètre. Cependant, les habitants des villages voisins considéreront toujours que c'est la station qui tarit leurs puits.

FIG. 11



— Bilan hydraulique sommaire.

BILAN DE LA NAPI

Passif : sorties d'eau :

- émergences (exutoires naturels) 100 à 150 hm³ (mesurés)
- exploitation (pompages) . 200 à 250 hm³ (mesurés)
- pertes à l'océan (écoulements naturels) 20 à 30 hm³ (calculés)
- évapotranspiration directe 30 à 50 hm³ (estimés)

Total 350 à 480 hm³

Variation de la réserve (en diminution)

30 à 60 hm³

Actif : alimentation (par différence)

320 à 420 hm³, dont :

- précipitations (infiltration directe) 30 à 60 hm³

- écoulements souterrains venant d'amont 80 à 100 hm³
- infiltrations dans les lits d'oueds (par différence) . 210 à 240 hm³ (1)

ESSAI DE BILAN HYDRAULIQUE GÉNÉRAL DE LA VALLÉE.

A C T I F				P A S S I F			
Apports	hm ³	mm	%	Sorties d'eau	hm ³	mm	%
Précipitations	900	200	62	Écoulements superficiels	100	22	7
Eaux superficielles	450	100	31	Décharges souterraines à l'océan	20	4	1
Eaux souterraines	100	22	7	Total	120	26	8
				Déficit; évapotranspiration directe et indirecte	1330	296	92
Total	1450	322	100	Total	1450	322 (2)	100

Dans ce bilan, la tranche d'eau en mm s'applique à la nappe phréatique sur l'ensemble de la vallée (4.000 km²).

**

Chapitre IV

USAGE DES EAUX

AMENAGEMENT HYDRAULIQUE

1. — Alimentation en eau de la population.

Elle constitue une priorité absolue dans l'usage des eaux. La ville d'Agadir consomme pour l'alimentation de la population et des industries, environ 5.000.000 de m³. par an. Les besoins actuels de chacun des autres principaux centres de peuplement : Taroudannt, Inezgane, Oulad Teima, sont de l'ordre (1965) de 20 l/s, en débit de pointe.

AGADIR.

Agadir a été d'abord (1921) ravitaillée en eau par les sources de Tildi, puis par le drain des dunes, ouvrage entrepris en 1932, repris en 1939 puis 1949 : la station de pompage avait alors un débit de 90 l/s. Deux forages AG 2 et AG 3, implantés à proximité et réalisés en 1950-51, pouvaient débiter chacun 40 l/s. Mais en raison de l'interférence mutuelle de ces trois stations de pompage, la capacité productrice de l'ensemble ne dépasse pas 100 l/s. Ce débit étant insuffisant et la qualité de l'eau médiocre (1,5 à 2 g de résidu sec par litre dont 1 g de chlorures), de nombreux sondages d'essai furent réalisés de 1954 à 1965, afin de trouver des eaux de bonne qualité pour Agadir, avec un débit supplémentaire de 150 à 200 l/s.

Les meilleurs résultats ont été obtenus sur la rive droite du Souss au Nord-Est d'Aït Melloul : forage Baraka (1963), 50 l/s pour un rabattement de 13 m, 0,5 g de chlorures

par litre ; et aussi en bordure du secteur dunaire, au Sud-Ouest d'Aït Melloul. Le forage de Kasba Tahar 1 (1965) a fourni 50 l/s pour un rabattement de 19,95 m. La qualité chimique de l'eau est excellente (0,6 g de résidu sec dont 0,2 de ClNa) (fig. 12 et 13).

TAROUDANNT.

Il existe dans la ville de Taroudannt de nombreux puits d'alimentation, mais ceux-ci sont souvent exploités dans de mauvaises conditions d'hygiène, qui sont à l'origine de fréquentes épidémies de typhoïde. Jusqu'en 1963, le réseau d'adduction à partir d'une station de pompage située en bordure de la route de Marrakech, et qui débite 500 m³/jour, desservait 400 abonnés seulement sur une population de 15.000 habitants. En été, les coupures d'eau étaient fréquentes en raison de la faible capacité du réservoir. C'est pourquoi une recherche d'eau souterraine a été entreprise aux environs de la ville.

Deux forages implantés au Nord du lit de l'oued Souss, respectivement à 3 et 6 km à l'Est de la ville (1963), ont fourni des débits de 60 l/s pour un rabattement de l'ordre de 5 m. Un seul de ces sondages suffit donc aux besoins de la ville ; il permet de quintupler les possibilités actuelles.

(1) Dont la moitié environ (100 à 120) par l'Oued Souss lui-même, le reste par les affluents surtout en amont de Taroudannt.

(2) Cette valeur est acceptable si on la compare à la valeur de l'évapotranspiration potentielle (Im). L'évapotranspiration réelle dans le Tafilalt est 335 mm (J. MARGAT).

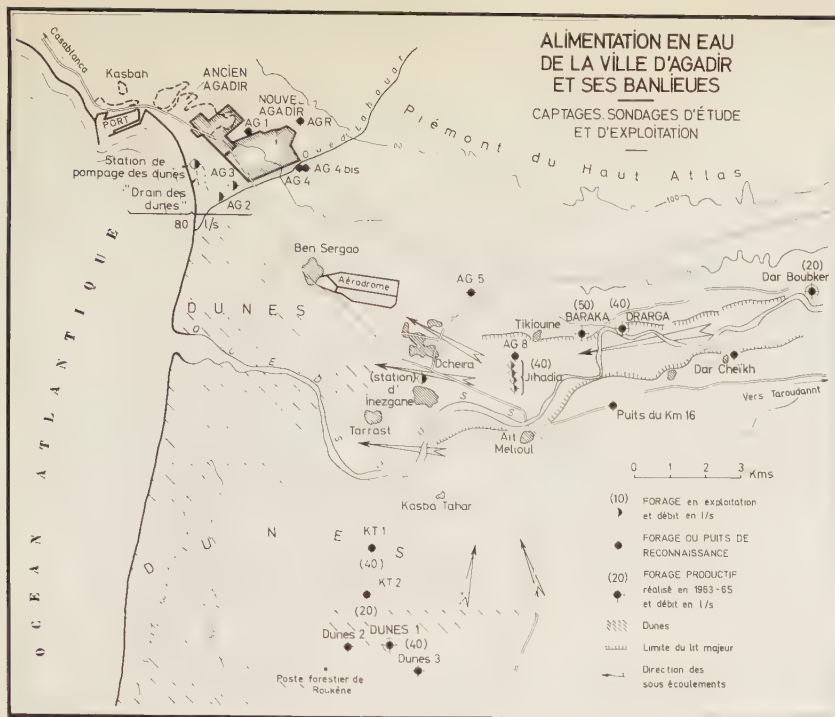


FIG. 14

VALLÉE DU SOUSS.

Les débits actuellement obtenus sont suffisants à Inezgane (5 à 10 l/s) et à Aït Melloul. A Oulad Teima, le débit du forage artésien ne couvre pas les besoins de l'agglomération qui est en constante expansion : en 1964, un forage a été réalisé dans le lit de l'oued Souss ; il a permis de prélever 26 l/s avec un rabattement de 1,45 m. La distance entre cet ouvrage et l'agglomération est de 4 km environ : on ne pourrait envisager de trouver un tel débit sur un ouvrage situé à une moindre distance.

Les habitants de la vallée n'éprouvent guère de difficultés à se procurer de l'eau d'alimentation, sauf en certaines zones des piémonts où la profondeur de la nappe excède 70 m et où il n'existe pas de puits. L'eau est en général excellente en ce qui concerne la composition chimique, mais elle peut souvent contenir des organismes ou micro-organismes pathogènes.

QUALITÉ DES EAUX D'ALIMENTATION.

Les normes les plus courantes concernant les eaux d'alimentation admettent 500 mg de résidu sec par litre, dont 180 de chlorures au maximum, pour une potabilité qualifiée de « bonne ».

Dans la zone aride, on admet environ une concentration triple de la normale.

Dans l'ensemble, les eaux du Souss sont exceptionnellement « bonnes » et douces, sauf sur la rive droite de l'oued à l'aval d'Oulad Teima, y compris Agadir.

2. — Agriculture.

L'agriculture présente des aspects divers dans le Souss. Le secteur traditionnel ne dispose d'eaux pérennes qu'en des secteurs privilégiés ; ailleurs, il dépend d'une pluviométrie incertaine. Dans tous les cas, il se trouve exposé, beaucoup plus qu'en toute autre région du Maroc, aux dévastations des acridiens, alors que ses produits : céréales, olives, consommés en grande partie par les agriculteurs eux-mêmes, ont une valeur marchande relativement faible.

Par contraste, les secteurs d'agriculture « moderne » ou « californienne », dans lesquels des capitaux considérables



FIG. 12. — Essai de pompage aux sondages d'Agadir (débit : 50 à 100 l/s).



FIG. 13. — Sondage aux calcaires dolomitiques infracambriens : déformation survenue à un train de tiges

ont été investis, ont une production d'agrumes ou primeurs presque entièrement orientée vers l'exportation sur la base de cours élevés, ce qui leur permet de supporter les pertes enregistrées dans les années mauvaises.

OLIVAIES, PALMERAIES ET JARDINS.

Le secteur traditionnel irrigué en eaux pérennes consiste en olivaies, palmeraies et vergers à l'abri ou au voisinage desquels sont cultivées des céréales d'été (maïs), des légumes et des primeurs, plus rarement de la luzerne.

Les olivaies sont denses à Taroudannt, Oulad Barrehil, Igli et Aoulouz. La rive droite, sauf à Aoulouz, comprend,

En général, plus de cultures que la rive gauche, car elle est arrosée. Il y a environ 700.000 oliviers et 100.000 palmiers dans la région. Les céréales irriguées sont à l'hectare :

- 8 à 20 quintaux pour le maïs,
- 8 à 20 (moyenne 10 à 15) pour l'orge,
- 5 à 15 (moyenne 10 à 12) pour le blé dur ou tendre.

CULTURES « BOUR ».

Ce sont les cultures d'orge arrosées directement par la pluie ou irriguées par eaux de crue. Le rendement est, en moyenne, de 2 à 5 quintaux/ha. En années exceptionnelles (pluviométrie excédant de 50 % la moyenne), de 10 à 15 quintaux. Le « bour » couvre dans la vallée du Souss et sa dépendance Sud occidentale la plaine des Chtouka : 80 à 100.000 ha.

AGRUMES ET MARAÎCHAGE.

L'agriculture moderne irriguée par pompage s'est développée depuis 1940 en plusieurs secteurs : Aït Melloul, Oulaç Teima, « Km 65 », Taroudannt, Oulad Barrehil : de 800 ha en 1947, la surface complantée en agrumes dépassait 7.000 ha en 1963 dont un peu moins de 45 % à Oulad Teima, un peu moins de 40 % au « Km 65 » (Oulad Bou Rbiaa) et environ 13 % à Taroudannt. Certaines années (entre 1954 et 1960), les dégâts causés par les acridiens ont handicapé la production qui est, également, étroitement dépendante des conditions climatiques prévalant en mai. Cette production varie de 30.000 à 100.000 t/an (enregistrée en 1960-64). L'agrumiculture tend à se développer dans le secteur traditionnel.

Le maraîchage, qui exige moins d'investissements que l'agrumiculture, intéresse un nombre important de petits agriculteurs parfois groupés en coopératives. Les superficies ainsi cultivées atteignaient 3.000 hectares de tomates, courgettes, aubergines, piments, donc une récolte de l'ordre de 100.000 tonnes (1963).

Au total, les cultures modernes couvrent environ 10.000 ha.

DIFFICULTÉS RENCONTRÉES PAR L'AGRICULTURE.

La mise en valeur agricole se heurte à des difficultés nombreuses dont aucune n'est insurmontable mais dont l'ensemble constitue un sérieux handicap :

- le climat est souvent excessif : sécheresse extrême certaines années, gel en hiver, ensoleillement parfois trop intense, coup de « chergui » en mai, causant la chute des jeunes fruits, vents violents près de la côte ;
- les ressources hydrauliques sont limitées, les frais de pompage sont élevés ;
- la main-d'œuvre masculine valide est assez rare et relativement chère ;
- agrumes et tomates ont une valeur qui dépend des cours sur les marchés extérieurs ;
- les ennemis des plantes sont nombreux et actifs : acridiens, rongeurs, vers gris, pucerons, acariens, cryptogames (alternaria, oidium, fusariose), mouches des fruits, cochenilles.

ELEVAGE.

En année moyenne, le cheptel comprend (en plaine) :

- chevaux 1.000 à 1.500 têtes
- mulets et ânes 35.000 à 40.000 »
- chameaux 4.000 à 6.000 »
- bovins 60.000 à 70.000 »

- ovins 80.000 à 120.000 »
- caprins 200.00 à 300.000 »

En période de sécheresse, les troupeaux de l'Anti-Atlas et du Draa viennent chercher pâture et abreuvement dans le Souss. L'été, les bêtes perdent du poids, se vendent mal et ravagent le pays ; en hiver, le pâturage est abondant, mais les éleveurs ne tuent guère et la viande est chère.

BESOINS EN EAU.

En irrigation rationnelle, les besoins en eau seraient pour le Souss de :

- 4.000 m³/ha/an pour les céréales et la vigne,
- 5.000 à 6.000 m³/ha/an pour les légumineuses,
- 8.000 pour les vergers (olivaies, abricotiers) et le maïs,
- 9.000 à 10.000 pour les cultures industrielles (betterave, tabac),
- 15.000 pour les agrumes et le maraîchage,
- 20.000 à 25.000 pour la luzerne et la canne à sucre.

La culture des céréales « bour », irriguées par les eaux de crue, exige 3.000 à 5.000 m³/ha/an, en plusieurs épandages.

3. — Aménagements concernant les eaux superficielles.

AMÉNAGEMENTS TRADITIONNELS.

Leur conception et leur réalisation sont le fruit de siècles d'empirisme. Sur les glacis de piémont, à pentes faibles, des diguettes de terre ou galets facilitent l'épandage des ruissellements et empêchent le regroupement des filets liquides, freinant donc le ravinement.

Les eaux de crues sont difficiles à capter sauf en période de « queues de crues ». Les ouvrages sont provisoires ; ils ne fonctionnent que pendant une courte période, étant emportés par les premières crues survenant après leur construction. Les réseaux de séguia d'irrigation sont extrêmement complexes : en bien des cas, les mêmes canaux véhiculent selon les époques des eaux de crues ou des eaux semi-pérennes. Les prises sont « fusibles » et sont détruites si le débit devient trop fort et risque par conséquent d'endommager le réseau.

Les eaux semi-pérennes et pérennes proviennent essentiellement de la fonte des neiges : les premières coulent jusqu'en mai-juin, les autres — que l'on ne trouve guère qu'à Aoulouz — jusqu'aux crues d'automne.

Les émergences de la nappe alluvionnaire dans le lit de l'oued Souss alimentent, on l'a vu, de nombreuses séguia pérennes. Le tracé de ces canaux en terre est extrêmement complexe et comporte de nombreuses anastomoses. Les superficies irriguées sont de l'ordre de 1.800 à 2.000 ha pour la rive gauche et 4.000 sur la rive droite.

AMÉNAGEMENTS MODERNES.

En plaine, les crues sont dérivées par des ouvrages importants de construction récente, tels ceux de l'oued Ibouk et de l'oued Souss (pont de Taroudannt). La construction d'un grand barrage de dérivation de crues à Aoulouz a été envisagée. Vers l'Anti-Atlas, il existe deux petits ouvrages de crues : les barrages sur l'oued Sdass et l'oued Aouerga.

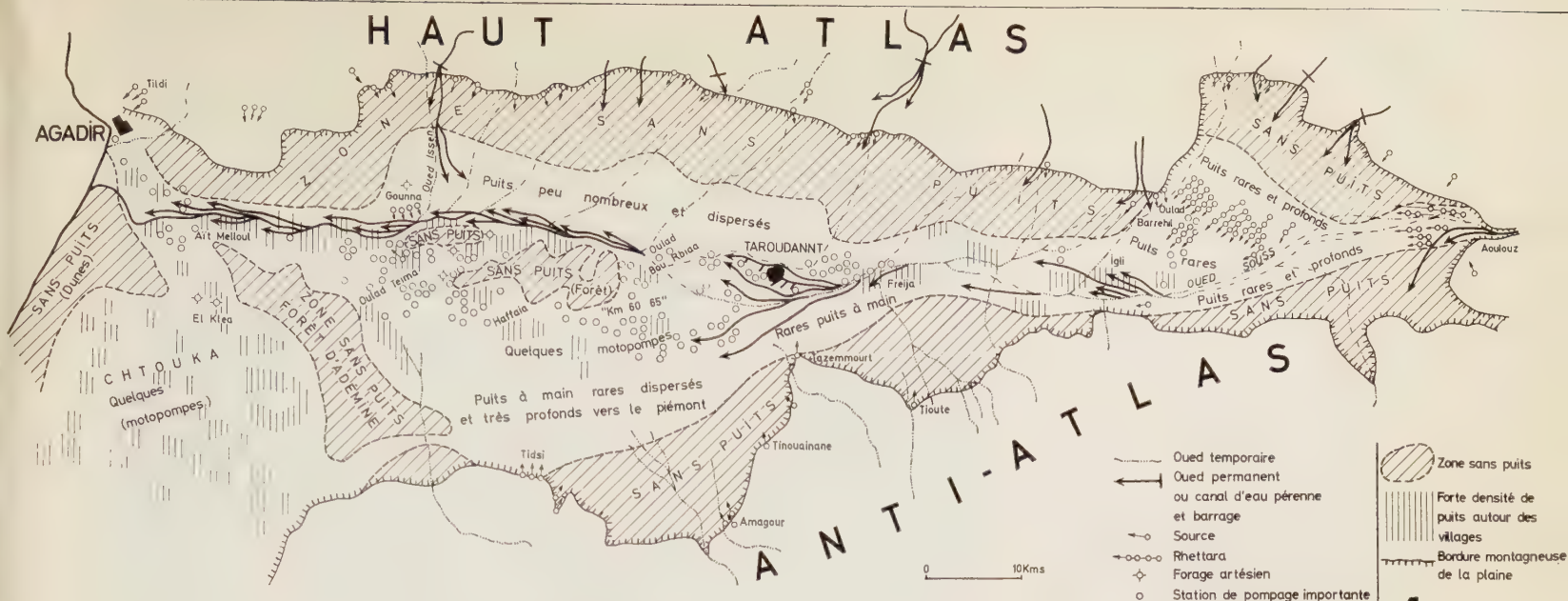


FIG. 15. — Vallée du Souss. Carte générale des aménagements hydrauliques.

L'aménagement le plus récent concerne le périmètre d'épandage de crues de Bousriouil. Une étude régionale du Souss amont effectuée en 1959-62 a préconisé la réalisation d'aménagements pour l'utilisation des eaux de pluies, de ruissellement et de crues.

De nombreux barrages de dérivation d'eaux pérennes et semi-pérennes ont été construits sur les affluents des oueds Targa et Bousriouil. D'autres oueds sont barrés par des ouvrages en gabions.

CRÉATION DE RETENUES. BARRAGES.

Aucun barrage de retenue n'a été édifié dans le Souss, bien que plusieurs aient été projetés.

Aoulouz.

Le site d'Aoulouz permet théoriquement, pour une hauteur de barrage de 52 m avec une longueur de crête de 331 m, la création d'une retenue de 80 millions de m³. Le barrage, réalisé en enrochements, aurait une largeur à la base de 140 m.

Une étude géologique effectuée en 1947-49 a montré que les zones éventuelles d'appui de l'ouvrage, constituées de calcaires dolomitiques infracambriens fracturés, étaient le siège d'importants écoulements d'eau souterraine. On ne peut donc guère envisager la construction d'un barrage de retenue en ce lieu, d'autant que l'ouvrage semble très important eu égard au volume de la retenue.

Deux autres sites possibles existent plus en amont : sur le Tifnout et l'Immerguène. Dans les deux cas, le problème concernant l'étanchéité de la retenue ne se pose guère ; mais le régime hydrologique incertain des oueds, l'ampleur des ouvrages à construire et leur éloignement n'ont pas encouragé l'étude de ces emplacements.

Oued Isen.

La cuvette de Bigoudine dans les argiles du Trias peut constituer un bon réceptacle pour la retenue d'un barrage dont le site est à rechercher dans les gorges de Sidi Aïssa Ben Aomar.

Cependant, les appuis constitués de grès localement salifères sont médiocres. D'autre part, les terres dominées sont souvent salées et ne conviennent pas à une mise en valeur éventuelle. Le débit régularisable sur l'Oued Isen n'excède d'ailleurs guère 2 m³/s.

Conclusion.

La construction de barrages de retenue dans le Souss apparaît comme étant difficile, coûteuse et peu rentable étant donné la modicité relative des débits régularisables : 2 à 4 m³/s. Un débit équivalent pourrait être prélevé, pour un investissement dix fois moindre, par des stations de pompage prélevant entre Aoulouz et Taroudannt l'eau des alluvions du Souss que les crues réalimentent presque chaque année, et plus à l'aval l'eau pérenne qui s'écoule à l'océan à partir d'Oulad Bou Rbiaa.

4. — Eaux souterraines.

OUVRAGES TRADITIONNELS.

Les puits traditionnels sont nombreux lorsque la nappe d'eau souterraine est peu profonde, à condition que la présence d'une dalle calcaire dure ne constitue pas un obstacle à l'action des puisatiers.

La densité est la plus forte dans les Haouara et les Chtouka. Le dispositif d'exhaure pour l'irrigation est constitué par une outre suspendue à des câbles soutenus par des poulies et actionnés par traction animale : c'est la « naora ».

Au total, on comptait en 1950, pour l'ensemble de la vallée, près de 4.000 naoras irriguant environ 3.000 ha pour un débit total inférieur à 1 m³/s. Quinze ans plus tard, ce mode archaïque et peu rentable n'était presque plus utilisé : de nombreux puits avaient été équipés de petits groupes motopompes, le reste étant abandonné.

Certains puits creusés à la main atteignent des profondeurs considérables vers les piémonts, allant jusqu'à 100 m.

Les drains traditionnels ou rhettara (fig. 16) sont des ouvrages coûteux à construire et à entretenir. Beaucoup de ces ouvrages sont abandonnés depuis leur tarissement ou leur effondrement. La plupart des rhettara en activité sont situés dans la région d'Aoulouz - Oulad Barrehil : il y en a au total une cinquantaine dont le débit total est inférieur à 700 l/s : les plus forts débits unitaires sont inférieurs à 50 l/s. En années sèches, les débits baissent substantiellement.

FIG. 16. — Curage d'un puits de rhetara à Oulad Berrehil, selon une technique ancestrale : le tourniquet qui sert à remonter les seaux de déblais est actionné par les pieds d'un ouvrier, assis dans une excavation pratiquée près du puits



DRAINS MODERNES.

Outre le drain des dunes à Agadir, un seul de ces ouvrages a été réalisé, celui de Freija ; à partir de 1937, la construction s'est poursuivie avec des aléas divers dus à la guerre, jusqu'en 1951. L'ouvrage comprend une tête morte de 1.800 m et une galerie dont la longueur totale est 2.965 m avec une pente de $0,5.10^{-3}$ pour une section utile de $1,85 \text{ m}^2$. A l'origine, on avait espéré que le débit serait de $2 \text{ m}^3/\text{s}$; en fait, le débit est le plus souvent inférieur à $1 \text{ m}^3/\text{s}$: il va irriguer l'olivaie de Taroudannt, 10 km à l'Ouest. D'autres ouvrages de ce type ont été étudiés en vue de leur construction à Aoulouz et Oulad Bou Rbiaa ; en raison de coûts très élevés et de conditions moins favorables, ces projets ont été abandonnés.

STATIONS DE POMPAGE.

Les stations de pompage particulières du secteur moderne, installées sur des puits creusés, parfois pourvus de galeries, sont actionnées par des moteurs diesel ou électriques, ce dernier cas tendant à devenir la règle générale. Le débit moyen unitaire est de 70 à $80 \text{ m}^3/\text{h}$; il est atteint par 60 % des installations dont 35 % débitent plus de $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Au total, quelque 400 installations débitent environ $3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{an}$. Le prix de l'eau est assez élevé et dépasse souvent 6 à 7 F marocains le m^3 (0,06 à 0,07 F).

Dans le secteur traditionnel, le nombre de petites motopompes, qui était estimé à 100 en 1953, dans les Haoura, atteignait, en 1965, plus de 3.000 unités dans l'ensemble de la vallée : la surface irriguée passait de 3.000 à 10.000 ha, avec des modules d'irrigation doubles ou triples des anciens. Les cultures intéressées se limitent au maraîchage, orienté vers l'exportation ; les cultures traditionnelles : oliviers et céréales, sont en déclin.

L'Etat a construit un certain nombre de stations de pompage destinées à revivifier d'anciennes séguías, ou à irriguer des terres vierges. L'économie réalisée par rapport à la construction des drains porte à la fois sur l'utilisation de l'eau et sur les investissements nécessaires.



FIG. 17. — Sondage dans le lit majeur de l'Oued Souss, pour l'alimentation d'Oulad Teima

Au total, on compte une douzaine de stations de pompage sur puits forés mécaniquement, dont neuf en activité (Aaricha, Ha. Igli, Aït Yazza, Maghzenia, Gdacha, Oulad Bou Rbiaa 1 et 2, Jihadia), qui débitent ensemble $1 \text{ m}^3/\text{s}$ environ pour l'irrigation de 2.500 ha.

5. — Aspects juridiques.

EAUX SUPERFICIELLES.

Aucune reconnaissance de droits d'eau n'a encore été sanctionnée par décret dans la vallée du Souss. La répartition entre utilisateurs demeure régie par les anciens usages qui établissent des « tours d'eau » ; seuls les temps sont considérés, et non les débits. Ces « tours d'eau » sont vendus ou loués à des tarifs très élevés.

EAUX SOUTERRAINES.

Les Travaux Publics ont édicté de 1941 à 1953 un certain nombre d'arrêtés destinés à réglementer les pompages. Le dernier en date, du 5 juin 1953, n'a pas été abrogé ni remplacé depuis l'Indépendance ; il attribue des modules de 0,40 l/s/ha pour les surfaces mises en valeur à cette époque (1953) : 0,1 l/s pour les mises en valeur ultérieures. Dans un secteur qualifié de « périmètre menacé » (environs d'Oulad Teima), toute mise en valeur est pratiquement interdite. Cette réglementation n'a guère été suivie d'effet en raison des difficultés politiques, juridiques et techniques que présentait son application. De nombreuses stations de pompage importantes ou modestes ont donc pu s'établir, sans entrave administrative, depuis cette époque.

6. — Perspectives d'avenir.

Les prélèvements d'eaux souterraines dans le Souss pour l'année agricole 1964-65 ont été les suivants (débits en l/s continu/an) :

Rhettara	650	Pompages 400 stations	3.000
Drain Freija	850	3.000 petites motopompes	4.000
Total drains	1.500	Stations de l'Etat	500
		Total stations	7.500

Puits à main, etc. : 200 (?).

Total général, environ : 9 m³/s.

C'est-à-dire environ cinq fois plus qu'en 1940 et trois fois plus qu'en 1950. C'est pourquoi il serait prudent d'orienter l'exploitation future selon les perspectives suivantes :

- l'eau devrait être pompée avec parcimonie dans les secteurs surexploités, où les terrains ont de médiocres caractéristiques hydrologiques qui ne permettent pas la réalimentation rapide des aquifères après pompage.
- l'eau devrait être prélevée de préférence dans les zones où la nappe peut être réalimentée rapidement : les réservoirs alluvionnaires doivent être exploités en utilisant au maximum les possibilités de recharge par eaux de crues.

Conclusion

La vallée du Souss est soumise à un climat contrasté. Le régime des pluies et celui des températures sont très irréguliers et handicapent l'agriculture. Les eaux pérennes sont inexistantes, sauf en certaines portions du lit de l'oued Souss ; certaines années, les eaux de crues sont très abondantes, pouvant dépasser un débit instantané de 1.000 m³/s. L'infiltration de ces crues dans les alluvions représente le facteur prédominant de recharge de la nappe phréatique.

Les formations de remplissage de la vallée sont constituées de marno-calcaires fluviolacustres plus ou moins argileux, souvent compacts et peu aquifères sauf en des niveaux altérés ou conglomératiques. Des roches pourvues de meilleures caractéristiques hydrologiques constituent des ensembles drainants au sein de la « formation du Souss » : calcaires cénonoturonien, calcaires et grès pliocènes d'Agadir, conglomérats néogènes. Les zones alluviales constituent aussi de bons aquifères.

Les débits spécifiques les plus élevés ont été tirés des calcaires cénonoturonien : 50 à 100 l/s/m (jusqu'à 200) aux Haffaia, et des alluvions 20 à 50 et jusqu'à 100 l/s/m. Le Pliocène marin fournit à Agadir 20 l/s/m. Pour la « formation du Souss », les débits sont souvent inférieurs à 1 l/s/m (jusqu'à 4 l/s/m dans les conglomérats).

La nappe s'écoule selon un mode complexe avec des zones de dispersion et de drainage représentées le plus

souvent par des lits fossiles. La vitesse d'écoulement est très faible et le débit est de l'ordre de 3 m³/s dans la partie moyenne de la vallée. La plupart des eaux, sauf à l'aval sur la rive droite, sont peu concentrées : moins de 0,5 g de résidu sec par litre dont moins de 0,1 de chlorure. Cette composition est voisine de celle que l'on trouve dans les eaux de crues.

La nappe débite 17 m³/s/an, cependant qu'elle reçoit 12 m³/s. La différence représente la valeur des pertes par évapotranspiration. Ce déficit est à l'origine de la baisse constante de la nappe qui dans les Haouara atteint 30 à 50 cm par an.

Dans le Souss, les aménagements hydrauliques doivent obéir aux impératifs suivants :

- récupération d'eaux qui se perdent à l'océan, en favorisant leur épandage et leur infiltration ;
- récupération d'eaux qui se perdent sans profit par évaporation en pompant les eaux peu profondes des nappes alluvionnaires ;
- économie d'eau grâce à l'amélioration du réseau de séguia.

Il semble qu'au maximum 20 m³/s peuvent être prélevés au total dans la vallée du Souss, en mobilisant toutes les ressources hydrauliques. Cet ordre de grandeur représente un maximum que seule une modification notable du climat permettrait de dépasser.



BIBLIOGRAPHIE HYDROGEOLOGIQUE LOCALE SOMMAIRE

Abréviations : N. et M. S.G.M. : « Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc ».

Le signe (*) indique qu'il s'agit de documents inédits classés dans les archives de la Division des Ressources en Eau de la Direction de l'Hydraulique (Ministère des Travaux Publics).

- 1942, AMBROGGI R. — Etude des Haouara (*).
- 1946, AMBROGGI R. — Le problème du Souss (*).
- 1947, AMBROGGI R. — Projet de captage à Aoulouz (*).
- 1949, AMBROGGI R. — Région Ameskhoud-Gounna ; Etudes, recherches et sondages hydrogéologiques (*).
- 1949, AMBROGGI R. — Le sondage du Gounna et l'hydrologie du versant Nord-Ouest du Souss. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, Rabat, t. 29, pp. 38-40.
- 1950, AMBROGGI R. — Prolongement du drain de Freija (*).
- 1951, AMBROGGI R. — Etat des recherches hydrogéologiques pour l'alimentation d'Agadir (*).
- 1951, AMBROGGI R. — Sur les vitesses de nappe phréatique d'une vallée en pays semi-désertique (vallée du Souss, Sud marocain). *U.G.G.I., A.I.H.S., Publ. n° 35, Ass. Gén. de Bruxelles T.I.V.*, p. 15.
- 1952, AMBROGGI R. — Mesures de la vitesse d'écoulement d'une nappe phréatique (vallée du Souss, C.R. 19^e Congrès géol. intern. Sess. Alger. Section VII. Fasc. VIII, p. 73).
- 1952, AMBROGGI R. et BOURGIN R. — « La vallée du Souss », in *Hydrogéologie du Maroc* ; N. et M. S.G.M., n° 97, pp. 269-284.
- 1950, BOURGIN R. — Etude hydrogéologique de la région d'Agadir-Inezgane (*).
- 1951, BOURGIN R. — Note au sujet des travaux de reconnaissance à Oulad-Bou-Rbiaa (*).
- 1952, BOURGIN R. — Note au sujet du sondage d'Inezgane (*).
- 1952, BOURGIN R. — Secteur de colonisation du km 44. Travaux de reconnaissance à effectuer près des collines des Haffaia (*).
- 1953, BOURGIN R. — Note au sujet du rapport G.E.M.E.S. sur le drain de Freija (*).
- 1953, BOURGIN R. — Essais de débit sur les sondages Haffaia (*).
- 1954, BOURGIN R. — Note au sujet d'un projet de captage aux Koudiat Haffaia, Oulad Teïma (*).
- 1954, BOURGIN R. — Reconnaissance des sources de Tidsi (*).
- 1955, BOURGIN R. — Note concernant des travaux destinés à l'étude de la perte du Souss entre Aoulouz et Oulad Barrehil (*).
- 1955-56, BOURGIN R. — Notes au sujet de l'adduction d'eau d'Agadir (*).
- 1956, BOURGIN R. — Le problème de la suralimentation de la nappe phréatique de la plaine du Souss (*).
- 1954, DE GÉLIS E. — Note préliminaire sur l'essai de pompage au Haffaia (*).
- 1956, DE GÉLIS E. — Eléments d'hydraulique souterraine. *N. et M. S.G.M.*, n° 136.
- 1959, DIJON R. — Nappe phréatique du Souss entre Aït Melloul et l'océan, salures et débits (*).
- 1959, DIJON R. — Pompages des Haffaia. Fluctuations de la nappe phréatique 1955-59 (*).
- 1962, DIJON R. — Note préliminaire sur l'alimentation de la nappe du Souss. *Mém. de l'Association Internationale des Hydrogéologues*, tome 5, Réunion d'Athènes, pp. 71-82.
- 1962, DIJON R. — Etude du cône de déjections de l'oued Souss à Aoulouz. *Mém. Ass. Int. des Hydrogéol. Réunion. Athènes*, t. 5, pp. 104-118.
- 1962, DIJON R. — Ressources en eau pour l'alimentation d'Agadir (*).
- 1962, DIJON R. — Note relative aux superficies irriguées dans le Souss (*).
- 1963, DIJON R. — Relation entre les débits du drain de Freija et les crues de l'oued Souss. *Ass. Int. Hydrol. Sc. Congr. Berkeley (Calif.)* publ. n° 63, pp. 520-527.
- 1963, DIJON R. — Guide des ressources en eau et aménagements hydrauliques du Sud-Ouest marocain (*).
- 1963, DIJON R. — Fluctuations de la nappe du Souss secteur Haffaia 1953-1963 (*).
- 1964, DIJON R. — Variations de la salure des eaux souterraines dans la zone côtière d'Agadir 1950-1962 (*).
- 1964, DIJON R. — Recherche d'eau pour les villes et agglomérations du Souss 1961-64 (*).
- 1958-64, DIJON R. — Notes et rapports divers sur travaux de sondages.
- 1964, DUROCHER J.-P. — Exécution de six forages de reconnaissance pour l'étude des aquifères du Souss (*).
- 1964, GENETIER B. — Adduction d'eau de la ville d'Agadir, résultats des essais de pompage (*).
- 1933-39, GRET C. — Comptes rendus de la Mission hydrogéologique dans le Souss (*).
- 1933-39, GRET C. — Notes sur la pluviométrie et les crues du Souss (*).
- 1958-60, HAZAN R. — Interprétations d'essai de pompage dans le Souss à Gdacha, Maharzia, etc... (*).
- 1956, L'EXCELLENT J. — Alimentation en eau d'Agadir. Point des études et réalisations acquises (*).
- 1955, MOULLARD L. — Exploitation de la nappe des calcaires turoniens dans le sillon Sud-Atlasique (*).
- 1938-52, ROBAUX A. — Etudes hydrogéologiques dans le Souss. Notes inédites (*).
- 1942, ROYER H. — Etude hydrogéologique de la vallée de l'oued Souss (*).
- 1931-36, RUSSO P. — Carte hydrogéologique du Maroc au 1/200.000, feuilles Agadir (1931), Taroudannt (1931). *Publ. Bureau Hydrogéol. Int. Scient. Chérif.*, édit. Serv. Géogr. Maroc, Rabat.
- 1931, TINGRY C. (RUSSO P., RUSSO L.). — Recherches sur l'hydrogéologie de la plaine du Souss (Maroc méridional). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 5^e série.
- 1957, TORRÉ P. — Etude chimique des nappes d'eau (*).
- 1951, XXX (G.E.M.E.S.). — Groupement pour l'Etude au Maroc des Eaux Souterraines. Note sur le prolongement du drain de Freija (*).
- 1959-61, XXX (S.O.G.E.T.I.M.) — Etude générale des cônes de déjection atlasiques du Souss amont, oueds Targa, Bousriouil et Lemdad. Rapport inédit.
- 1962, XXX (S.O.G.E.T.I.M.). — Etude hydroagricole et pédologique du périmètre des Iznaguene. Rapport inédit.



